ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

DIXIÈME SÉRIE

ZOOLOGIE

CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

ZOOLOGIE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
ET L'HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. E.-L. BOUVIER



DIXIÈME SÉRIE

TOME V

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain

1922





— 1922 —

Il y a cinq mois, j'accompagnais à sa dernière demeure Edmond Perrier, et j'avais le triste devoir de lui adresser l'ultime adieu au nom du Muséum; il me faut aujourd'hui prendre sa place à la direction des Annales, *et cette heure ne me paraît guère moins douloureuse que la première. Car Edmond Perrier était pour moi bien plus qu'un zoologiste éminent : c'est lui qui m'a donné accès dans la carrière des Sciences naturelles, c'est dans son laboratoire et sous sa direction que j'ai pris l'habitude et le goût des recherches, c'est à lui que je dois mes premiers travaux; je l'ai vu donner libre cours à son activité, qui était dévorante; j'ai suivi en disciple heureux son ascension scientifique, et j'ai eu l'honneur, dans la suite, d'être son collègue au Muséum, puis son confrère à l'Académie des Sciences. La plus belle partie de sa vie, la plus féconde, c'est quarante années de la mienne, et toute mon existence scientifique! Comment ne pas être ému à l'heure où je viens occuper la place d'un homme auquel me rattachent des liens si étroits, dont la vie fut si longtemps mêlée à la mienne et qui joua un si grand rôle dans la Science!*

Sur la tombe entr'ouverte où il allait descendre, j'ai tenté de mettre en lumière l'œuvre qu'il accomplit au Muséum, et montré avec quelle bonne humeur et quelle engageante bienveillance il savait encourager ses élèves et leur communiquer son juvénile entrain. Il fut, plus que tout autre, un laborieux infatigable. Depuis l'époque où parurent ses travaux sur les pédicellaires des Oursins et sur les Oligochètes jusqu'à celle où il donna les premiers fascicules de son Traité de Zoologie, *ses*

élèves l'ont vu continuellement à l'œuvre dans son cabinet de la rue de Buffon, préparant ses mémoires sur la circulation des Oursins, sur les Échinodermes des grandes profondeurs, et plus tard son magnifique travail sur la Comatule, qui lui demanda tant d'années et de si tenaces efforts. Le soir et la nuit, en guise de repos, il jetait sur le papier ses conceptions originales, ce qui valut au monde savant plusieurs ouvrages de première importance, entre autres les Colonies animales, *qui le mirent tout de suite hors de pair, et la* Philosophie zoologique avant Darwin, *qui contribua singulièrement à répandre dans notre pays les idées transformistes.*

Quand survinrent pour lui les honneurs, y compris la direction du Muséum, avec les lourdes charges qui en sont les revers, il dut abandonner la recherche proprement dite, mais resta néanmoins sur la brèche, exprimant par la plume, dans de nombreux livres et articles, les idées qui lui étaient chères, et consacrant un acharné labeur à son Traité de Zoologie. *Il faut un courage et une puissance de travail extraordinaires pour oser entreprendre seul, actuellement, une œuvre de cette envergure, et l'on reste surpris que l'auteur ait pu la mener presque complètement à bien; jusqu'au bout, il a cru pouvoir l'achever, et on le croyait autour de lui, car il était resté jeune d'apparence, et son activité ne semblait point faiblir. Cette satisfaction ultime ne lui aura pas été donnée; la mort est venue le surprendre en plein travail, avant qu'il eût pu mettre au point les deux fascicules des Oiseaux et des Mammifères qui devaient compléter le gigantesque ouvrage. Malgré tout, le* Traité de Zoologie *a rendu et rendra longtemps des services; il reste unique en son genre et bien digne du talent de l'auteur qui l'avait conçu.*

Me voici donc à la tête des Annales des Sciences naturelles zoologiques ; *c'est une lourde tâche, et ce n'est pas sans hésitation que je l'ai prise, sachant très bien qu'il n'est pas facile d'occuper dignement la place où, avant Edmond Perrier, brillèrent successivement Audouin, Brongniart et Dumas, puis les deux Milne-Edwards. A défaut de la célébrité et du talent qui distinguaient mes prédécesseurs, j'apporterai dans cette tâche tout ce que j'ai de bon vouloir. Dans une œuvre de cette sorte, on ne saurait marchander le dévoument. Ne s'agit-il pas d'une*

publication vénérable, du plus ancien des recueils zoologiques ? Les Annales des Sciences naturelles *furent fondées en 1824 pour donner asile aux mémoires de zoologie et de botanique; en 1834, elles se divisèrent en deux parties indépendantes, l'une consacrée à la première de ces sciences, l'autre à la seconde. Leur succès fut tel que parurent peu après, à l'étranger, des recueils analogues : en Allemagne, les* Archiv für Naturgeschichte, *qui datent de 1835 ; en Angleterre, les* Annals and Magasine of natural History, *qui remontent à 1829 et qui portèrent le simple nom de « Magazine » jusqu'en 1840. Ces périodiques existent encore aujourd'hui, mais le nôtre se flatte d'être leur doyen ; c'est une lumière qui brille depuis près d'un siècle, et il serait vraiment impardonnable de ne pas la maintenir vivace, au bénéfice de la Science comme pour le renom du pays.*

Pour atteindre ce résultat, il n'eût pas été difficile de trouver des zoologistes plus experts ; mais on me permettra de dire que bien peu auraient pu y mettre plus de cœur. Je suis attaché aux Annales *comme on l'est à la maison paternelle : c'est là que furent publiés les plus importants de mes travaux et ceux de beaucoup de mes amis ; c'est au Muséum où s'est écoulée toute ma carrière qu'elles ont pris naissance, et c'est le prédécesseur d'Edmond Perrier, Alphonse Milne-Edwards, qui m'en a ouvert largement les portes. Comment ne pas être ému en rappelant le souvenir de ce dernier, qui fut aussi mon maître et qui ne dédaigna pas de m'associer à ses travaux ! Et comment ne pas aimer un organe auquel me rattachent tant de chers et étroits liens !*

Modeste successeur de mes deux maîtres, il me sera facile de suivre la tradition qu'ils continuaient et d'imiter leur exemple en l'adaptant aux besoins du jour. Dans la limite du possible, les Annales *accueilleront tous les zoologistes, quelles que soient leur école et la nature de leurs travaux ; la Science tire son profit des idées contradictoires, pourvu qu'elles s'appuient sur des faits bien contrôlés et des recherches sérieuses. Il faut que notre journal soit un reflet de l'activité scientifique telle qu'elle se manifeste au laboratoire ou dans les études en plein air. Cette activité n'est pas seulement procréatrice de travaux étendus, dont la réalisation est parfois très longue ; elle se traduit égale-*

ment par des recherches latérales plus ou moins réduites, qui résultent des contingences, des occasions ou du besoin de combler quelques lacunes. Aux deux sortes d'études, les Annales *seront largement ouvertes, et les secondes tiendront de leur brièveté cet avantage d'être publiées tout de suite, ce qui n'est pas toujours possible avec les grands mémoires. Il ne faut pas laisser perdre les bonnes glanures ; ce sont des semences excellentes, et tout zoologiste en connaît qui furent de vrais trésors ; en les accueillant, ce journal restera fidèle à ses traditions les plus anciennes. Il leur restera également fidèle en publiant parfois la mise au point de questions actuelles en voie de développement, et en traduisant ou en exposant des études étrangères remarquables par leur originalité ; en botanique, mon excellent collègue M. Costantin a repris cette tradition, qui mérite d'être étendue, il me semble, à toute la biologie.*

Avec leurs racines qui plongent dans le passé et le développement actuel des sciences biologiques, les Annales *peuvent croître et se prêter sans périls aux besoins de l'évolution. Elles se trouvent à la veille du centenaire de leur naissance ; soutenues par les zoologistes, qu'elles puisent un renouveau à cette date et qu'elles s'engagent franchement dans les voies de l'avenir !*

Paris, 11 Janvier 1922.

E.-L. Bouvier.

MIGRATIONS
ET ACCLIMATEMENTS MALACOLOGIQUES
DANS LA VALLÉE DE LA LOIRE

Par Louis GERMAIN

Il y a longtemps que l'on a signalé, sur le littoral océanique de la France, des animaux de divers groupes dont l'habitat normal est le midi et, plus spécialement, la région méditerranéenne. Plus rarement, quelques-unes de ces espèces s'infiltrent plus ou moins loin dans l'intérieur du pays en suivant les vallées des grands fleuves : Garonne, Loire, Seine. Ces phénomènes de migration et d'acclimatement ont une réelle importance bionomique ; ils modifient, souvent d'une manière fort sensible, la composition de la faune des contrées où les nouvelles espèces s'introduisent. Ces dernières peuvent même parfois se substituer entièrement à certains animaux autochtones.

I

On sait que, sous l'influence de causes diverses et fort mal connues, des migrations animales ont eu lieu pendant toutes les époques géologiques et se poursuivent encore de nos jours. Je crois utile de rappeler le groupement que j'ai adopté en vue de l'étude de ces migrations, groupement un peu artificiel, mais qui a l'avantage de faciliter l'exposition des faits. Je distingue les migrations anciennes, les migrations préhistoriques, les migrations historiques et les migrations actuelles.

Les migrations anciennes sont celles ayant eu lieu pendant les périodes géologiques passées. On les connaît dès le commencement des temps primaires ; elles se sont poursuivies, plus nombreuses et mieux précisées, pendant le secondaire

pour atteindre une grande amplitude pendant l'ère tertiaire. Je les laisserai entièrement de côté, car elles ne fournissent aucun renseignement sur la question traitée ici. Je ferai seulement remarquer qu'elles ont eu lieu à des époques où l'homme n'existait pas encore.

Les trois dernières catégories, au contraire, ont eu l'homme pour témoin et, d'une manière ou d'une autre, elles ont pu être influencées par lui.

Celles que je nomme *migrations préhistoriques* débutent avec l'origine de l'homme et prennent fin à l'aurore des temps historiques. Leur étude fournit d'intéressantes données, notamment pour la période, encore si obscure, qui s'étend entre la fin de l'âge du Renne et les temps, sans doute beaucoup plus rapprochés de nous, sur lesquels nous possédons les premiers documents historiques certains.

Par *migrations historiques*, j'entends celles qui ont eu lieu pendant les périodes historiques anciennes et même relativement récentes, mais sur lesquelles nous n'avons aucune documentation zoologique. Comme les précédentes, ces migrations sont d'une étude difficile. Un texte ancien peut parfois mettre sur la voie ; mais, le plus souvent, c'est en analysant les restes d'animaux recueillis dans les ruines, les enceintes ou les tombeaux (1), en les comparant aux éléments de la faune moderne des mêmes localités qu'il sera possible de les déceler. Un exemple montrera l'intérêt de ces recherches. Certaines espèces d'*Helix*, originaires des régions du Caucase et de quelques autres parties de l'Asie Antérieure, ont suivi les vallées du Danube et du Rhin ; du Danube, du Pô, du Rhône et de la Loire et ont essaimé jusque dans l'extrême-ouest de notre pays. Or ces migrations animales sont synchrones avec des migrations humaines. Partout où les historiens ont constaté des routes d'invasions, des déplacements de peuples guerriers ou pasteurs, — ce qui s'est produit principalement, sinon unique-

(1) Je rappellerai seulement ici les énormes amas d'*Helix* (appartenant surtout à l'*Helix* [*Helicogena*] *Gussonei* Shuttleworth) découverts autour de Pompéi; dans les ruines avoisinant les bains de Néron à Baïa, près de Naples ; dans les fouilles du Palatin, à Rome, etc...

ment, le long des vallées des grands fleuves, — j'ai pu retrouver des migrations synchrones de groupements animaux se déplaçant avec les peuples migrateurs et, comme eux, se fixant définitivement dans des pays nouveaux, souvent fort éloignés de leur lieu d'origine. Et il ne s'agit pas seulement ici d'animaux introduits par l'homme, en vue de son utilité ou de son agrément, mais bien aussi d'espèces se déplaçant avec les peuples migrateurs en dehors de toute intervention humaine.

Enfin je groupe, en une dernière catégorie, les *migrations actuelles* que nous observons encore aujourd'hui. Par le seul fait qu'elles se passent sous nos yeux, elles ont, pour nous, une importance particulière, car nous pouvons espérer sinon en saisir toutes les causes, du moins en préciser le processus ; elles peuvent, par analogie, nous renseigner sur le mécanisme des migrations plus anciennes.

Parmi ces migrations actuelles, il en est qui s'accomplissent d'elles-mêmes : on constate que certaines espèces, gagnant de proche en proche, s'éloignent souvent fort loin de leur centre de création ou d'évolution. Les causes de ces déplacements sont extrêmement difficiles à préciser et, le plus souvent, elles nous échappent.

D'autres migrations doivent être, au contraire, attribuées à l'homme. C'est ainsi qu'entre 1900 et 1903 les talus des bords de la Marne, entre le pont de Charenton et les moulins d'Alfort, étaient habités par une colonie d'*Helix* appartenant au groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud. Par la suite, les promeneurs devinrent tellement nombreux que les talus où vivaient les *Helix* se dénudèrent. En conséquence de ce changement de milieu, les Mollusques se déplacèrent lentement et, en 1904, ils prospéraient un kilomètre plus bas, dans une localité beaucoup moins fréquentée. Tout près de là, dans une sorte d'enclos inaccessible au public, vivaient, au milieu d'une végétation touffue, de populeuses colonies d'*Helix* (*Arianta*) *arbustorum* Linné et de *Succinea limnoidea* Picard.

L'enclos fut bientôt envahi à son tour, et les Mollusques émigrèrent. Ainsi, dans ces deux cas, l'influence de l'homme

a obligé des colonies animales à un déplacement lent, mais continu (1).

Mais, en général, le phénomène est plus complexe : son point de départ est une introduction par l'homme, — introduction le plus souvent involontaire, — suivie d'un acclimatement, puis d'une migration rayonnant autour de la colonie introduite et couvrant une aire plus ou moins étendue.

Ce sont des migrations actuelles, observées dans le bassin de la Loire et appartenant à ces deux modalités dont je vais m'occuper dans les pages suivantes.

II

Il existe, dans les contrées circaméditerranéennes, un certain nombre d'espèces de Gastéropodes appartenant au genre *Helix* qui, par leur grande abondance, constituent véritablement ce que j'ai appelé ailleurs des espèces dominantes (2). Je citerai notamment : les *Helix*, assez nombreux, du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud (3), l'*Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller, l'*Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné.

Ces animaux sont autochtones dans les régions méditerranéennes, où ils vivent surtout au voisinage de la mer. Les *Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné ne s'en éloignent même qu'exceptionnelle-

(1) Des travaux considérables ayant entièrement modifié les rives de la Marne, tous ces Mollusques ont depuis disparu.

(2) Germain (Louis), La biogéographie et les musées régionaux (*Annales de Géographie*, XXVII, 1918, n° 145, 15 janvier, p. 5).

(3) Il a été décrit, comme appartenant à ce groupe, beaucoup d'*Helix* que tous les zoologistes n'acceptent pas comme espèces valables. Il est certain que leur nombre a été trop multiplié ; mais c'est également une erreur de les rapporter toutes à l'*Helix variabilis* Draparnaud, soit comme variétés, soit comme formes de coquilles. L'étude, sur place, de multiples colonies montre bien qu'il existe réellement des espèces distinctes, d'ailleurs difficiles à délimiter. Certaines ont cependant une individualité assez nette, comme les *Helix xalonica* Servain [= *Helix cyzicensis* Galland + *Helix alluvionum* Servain] ; *Helix papalis* Locard [= *Helix papalis* Locard + *Helix pilula* Locard + *Helix pila* Caziot + *Helix subpapalis* Caziot], etc... Je considère que le groupe entier de l'*Helix variabilis* Draparnaud est, actuellement, en pleine évolution et que les caractères des espèces qui le composent ne sont pas encore, en général, définitivement fixés.

ment. Leur origine n'est pas très ancienne, puisqu'ils sont inconnus dans les dépôts quaternaires récents. Or ces Mollusques sont aujourd'hui fort abondants le long des côtes françaises de l'Océan Atlantique et de la Manche. Les plus nombreux ont, émigrant de leur pays d'origine vers le nord, pénétré dans la vallée de la Garonne, traversé les estuaires de la Gironde et de la Loire et, sous l'influence d'un climat tempéré par le Gulf-Stream, franchi le cap Finistère et essaimé sur le littoral de la Manche et sur celui de la mer du Nord. D'autres ont fait le tour de la péninsule Ibérique en suivant le littoral. Beaucoup ont emprunté concurremment ces deux voies.

Parmi les espèces ainsi émigrées et qui se sont définitivement établies dans leur nouvel habitat, les unes n'ont pas dépassé l'estuaire de la Loire. Tels sont les *Helix* (*Xerophila*) *cespitum* Draparnaud, *Helix* (*Xerophila*) *arenarum* Bourguignat, *Helix* (*Xerophila*) *sphærita* Hartmann, etc... (1). D'autres se sont étendues, beaucoup plus au nord, tout le long des côtes de l'océan Atlantique et de la Manche. Je citerai : *Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller, *Helix* (*Xerophila*) *angustiniana* Bourguignat, *Helix* (*Xerophila*) *fera* Letourneux et Bourguignat, *Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud, *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain, *Helix* (*Xerophila*) *papalis* Locard, etc..., *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné. Quelques espèces sont même parvenues sur le littoral de la mer du Nord, comme, par exemple, les *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné.

Tous ces Mollusques ne s'écartent pas beaucoup du littoral ; ils y forment une bande d'épaisseur variable qui, sauf dans des cas exceptionnels, est d'autant plus étroite que l'on

(1) Ces trois espèces ont bien été signalées par J.-R. Bourguignat [*Mollusques terr. fluviat. Bretagne*, juin 1860, p. 58], « ..... sur toutes les plantes qui bordent le littoral, et dans les environs de Locmariaker, en allant vers la rivière de Crach ». Ces Hélices n'ont pas été retrouvées depuis, ni par M. A. Bavay, ni par moi-même, bien que nous les ayons spécialement cherchées, à Locmariaker et aux environs. Il faut croire, ou qu'elles ont disparu depuis 1860, ou que les espèces recueillies par J.-R. Bourguignat ont été mal déterminées [Cf. : Germain (Louis), Études sur quelques Mollusques terr. et fluviat. du Massif Armoricain (*Bulletin soc. sciences natur. Ouest*, Nantes, 2e série, VI, 30 juin 1906, p. 15-21)].

s'avance davantage vers le nord. La profondeur de cette bande vers l'intérieur du pays reste, d'ailleurs, constamment moins grande que dans la région méditerranéenne, pays d'origine de ces *Helix*.

La répartition des espèces émigrées n'est pas quelconque : les grandes formes, à très large ombilic, du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *cespitum* Draparnaud ne dépassent pas l'estuaire de la Loire, tandis que les espèces de petite taille, étroitement ombiliquées [*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud, *Helix* (*Xerophila*) *papalis* Locard, etc...], sans doute plus robustes, prolifèrent jusque sur les côtes plus froides de la mer du Nord. L'*Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné s'est même propagé beaucoup plus loin encore. Mais l'aire de ces déplacements n'est pas illimitée : il existe une zone limite que ces Mollusques ne peuvent franchir et, pour les Hélices méditerranéennes vivant près des côtes françaises, cette zone limite est voisine du Pas-de-Calais.

Vers quelle époque se sont produites ces migrations? Il est fort difficile de répondre avec certitude à cette question. Je rappellerai d'abord que nous ne connaissons, dans les dépôts quaternaires, aucune espèce des groupes émigrés. Mais l'étude des formes subfossiles trouvées dans les tourbières littorales submergées (1) peuvent aider à la solution du problème. Dans des tourbières, situées sur les côtes du Calvados, A.-L. Letacq (2) a signalé, parmi des espèces vivant encore dans la région, les *Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud (3) et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné à Luc et à Asnelles. Par contre, dans les tourbières s'étendant de Luc à Courseulles, L. Mercier et R. Poisson (4) n'ont décou-

(1) C'est avec raison que Bigot fait observer qu'il vaut mieux substituer le terme de *tourbières littorales submergées* à celui de *tourbières sous-marines*, fréquemment adopté, ces formations n'ayant été recouvertes par la mer qu'à la fin du IIIe siècle ap. J.-C.

(2) Letacq (A.-L.), Liste des coquilles recueillies par MM. Bigot et Leboucher dans les tourbières littorales situées entre Luc-sur-Mer et Arromanches (Calvados) (*Bulletin Soc. linnéenne Normandie*, 5e série, X, 1906, p. 5-6).

(3) Il est possible que la coquille signalée par A.-L. Letacq ne soit pas le véritable *Helix variabilis* Draparnaud, mais une des espèces de ce groupe.

(4) Mercier (L.) et Poisson (R.), Documents zoologiques fournis par l'étude de la tourbière sous-marine de Bernières-sur-Mer (*Bulletin Soc. linnéenne Normandie*, 7e série, III, 1920, p. 153).

vert aucune forme émigrée dans la petite faunule qu'ils ont récoltée. Ces faits sont d'une interprétation difficile. On sait, depuis les travaux de Bigot (1), que les tourbières littorales submergées du Calvados ont été formées avant le néolithique et recouvertes par la mer vers la fin du IIIe siècle ap. J.-C. Comme les *Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné existent en certains points de ces tourbières et non en d'autres, d'ailleurs voisins, on est conduit à envisager plusieurs hypothèses. Il est possible que les Hélices méridionales recueillies par A.-L. Letacq aient été entraînées dans la tourbière postérieurement à sa submersion (2) ; il faudrait, pour vérifier ce fait, faire sur place de nouvelles recherches et noter soigneusement à quel niveau se trouvent les coquilles. On peut aussi observer que, si les Mollusques émigrés se trouvent dans une localité et non dans une autre voisine, c'est peut-être simplement parce que la colonie, alors d'introduction toute récente, n'avait pas encore eu le temps d'envahir tout le littoral. Il est donc difficile de conclure en toute certitude, mais il n'est pas impossible que l'acclimatement des espèces méditerranéennes sur les côtes de la Manche ait eu lieu vers l'époque néolithique.

III

Ce n'est pas seulement le long des côtes de l'océan Atlantique et de la Manche que les Hélices méditerranéennes ont émigré. Elles se sont également propagées en suivant les vallées de grands fleuves, notamment celles de la Garonne et de la Loire. Elles se sont avancées beaucoup moins loin dans l'intérieur du pays le long de la vallée de la Seine. J'ai pu suivre, à maintes reprises, la marche de ces animaux dans la

(1) Bigot, Sur les dépôts pleistocènes et actuels de la Basse-Normandie (*Comptes rendus Académie sciences*, Paris, 16 août 1897) ; — La vallée de l'Orne aux environs de Caen (*Comptes rendus Congrès Soc. savantes*, Paris, 1898, p. 249-251) ; — La Normandie, dans le *Livret-Guide du VIIIe Congrès géolog. internat.*, 1900.

(2) Ces animaux vivent souvent, en effet, tout près du littoral, sur des plantes pouvant être mouillées par les embruns. Les autres Mollusques signalés par A.-L. Letacq, notamment les Gastéropodes fluviatiles (Limnées, Planorbes, Bythinies), sont certainement en place.

vallée de la Loire, et je vais résumer mes observations, comparer ces migrations et ces acclimatements à ceux signalés dans d'autres régions et essayer d'expliquer ces phénomènes.

On observe d'abord qu'un certain nombre d'*Helix* remontent d'eux-mêmes le cours de la Loire, sans s'écarter sensiblement de ses rives. Les *Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné se retrouvent en amont de Nantes ; les espèces du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud s'avancent jusqu'à Ancenis, ou mieux entre Mauves et Ancenis, c'est-à-dire sur les confins de la Bretagne et de l'Anjou, dans le pays que Léon Séché a baptisé du nom de Bretagne angevine. Dans cette partie du bassin de la Loire, l'habitat de ces Mollusques étant continu, il semble logique d'admettre qu'ils se sont propagés d'eux-mêmes lentement, en suivant la vallée du fleuve, comme ils l'ont fait, à une époque antérieure, en longeant le littoral de l'océan Atlantique.

En continuant à remonter le cours de la Loire, on ne trouve plus que des colonies plus ou moins espacées. L'habitat des espèces introduites devient discontinu. La première des colonies sur laquelle je donnerai quelques détails est celle de Champtocé. Elle couvre, sur la rive droite du fleuve, une superficie assez restreinte autour des ruines d'un vieux château moyenageux. Au milieu d'une végétation d'allure rudérale vivent les *Helix* (*Xerophila*) *Mendozæ* Servain (et quelques formes affines) et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné. Ces animaux sont abondants et se reproduisent normalement chaque année; mais, si l'*Helix Mendozæ* Servain s'étend assez loin dans le voisinage, l'*Helix barbara* Linné est, au contraire, étroitement cantonné, puisque, jusqu'ici, il ne déborde pas des ruines. Ces Hélices ont sans doute été introduites par l'homme, d'une manière d'ailleurs involontaire, et à une époque relativement ancienne, puisque P.-A. Millet les signalait déjà en 1813 (1). Elles ont pu être amenées avec les marchandises transportées par la voie du fleuve ; il est également possible

(1) Millet de la Turtaudière (P.-A.), *Mollusques terrestres et fluviatiles observés dans le département de Maine-et-Loire*, Angers, 1813, p. 41.

qu'elles aient été apportées, pendant les guerres de Vendée, avec les voitures à provisions ou les voitures fourragères des insurgés (1).

Autour d'Angers et dans diverses localités environnantes, il existe de nombreuses colonies que j'ai pu revoir, chaque automne, depuis une douzaine d'années. Aux environs immédiats d'Angers, où le sol est presque partout schisteux, condition peu favorable à ces Mollusques (2), on les observe en plusieurs stations. L'une, que j'ai décrite en 1914 (3), est située près de l'école du génie militaire, dans les terrains acquis par la Compagnie d'Orléans en vue de l'extension de ses gares. On y trouve surtout les *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain, *Helix* (*Xerophila*) *fera* Letourneux et Bourguignat (et sa variété *ambielina* de Charpentier). Ces *Helix* vivent, bien exposés au midi et à l'abri des vents du Nord, principalement sur le *Tanacetum vulgare* Linné, l'*Artemisia campestris* Linné, les Chardons et les tiges sèches d'Ombellifères (4), c'est-à-dire dans un milieu rudéral parfaitement caractérisé, et ils s'en éloignent peu. Aussi la colonie ne gagne-t-elle presque pas en épaisseur, alors qu'elle se propage en suivant les voies ferrées. L'introduction est certainement due aux transports par wagons, la station étant contiguë aux quais de déchargement des trains de denrées. Des travaux de terrassements considérables (1920-1921) ont détruit une partie de cette colonie, qui, en 1921, commençait à s'établir un peu plus loin, sur un terrain dépendant du chemin de fer, mais non encore utilisé.

Tout près de là, dans la propriété de la Baumette et ses abords immédiats, vivent les *Helix* (*Euparypha*) *pisana*

(1) Voir, à ce sujet : GERMAIN (LOUIS), *Étude sur les Mollusques terrestres et fluviatiles vivants des environs d'Angers*, 1903, p. 131 et sq.

(2) Les Hélices méridionales introduites sont toutes des espèces calcicoles.

(3) GERMAIN (LOUIS), Une station malacologique méridionale aux environs d'Angers (*Bulletin Société Sciences naturelles Ouest*, Nantes, 3e série, IV, 1914, p. 1-12, Pl. I).

(4) Les autres végétaux de la station sont surtout les *Reseda luteola* L., *Malva sylvestris* L., *Ononis repens* L., *Fœniculum officinale* L., *Carduus tenuiflorus* Sm., *Solanum dulcamara* L., *Echium vulgare* L., des *Verbascum*, des *Amaranthus* et de nombreuses Graminées. C'est la végétation rudérale ordinaire des environs d'Angers.

Müller, *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné introduits volontairement, en juillet 1883, par A. Cheux, alors directeur de l'observatoire de La Baumette. Ces *Helix* se sont parfaitement acclimatés, et on les retrouve depuis, chaque année, dans les jardins de la propriété (1) ; mais leur rayonnement est resté insignifiant (2).

Dans la banlieue immédiate d'Angers, j'ai également observé, de 1919 à 1921, diverses colonies présentant quelque intérêt. L'une est située le long des chemins entre le Bourg-Lacroix et la gare de La Pyramide. Ce sont encore lesmêmes, espèces du groupe *variabilis* : elles habitent les talus exposés au midi, dans un milieu exclusivement rudéral. Une autre, extrêmement populeuse, composée uniquement de petites espèces du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *papalis* Locard, prospère sur les débris d'ardoises de la carrière du Pont-Malembert, à Trélazé. Les *Helix* se groupent sur les tiges de quelques maigres Ombellifères qui croissent dans cet endroit aride. Le milieu est encore rudéral, mais le sous-sol est entièrement schisteux.

Je n'insisterai pas davantage sur les autres localités disséminées autour d'Angers. Mais, à environ 18 kilomètres au sud de cette ville, à Beaulieu, sur les rochers dévoniens qui dominent la vallée du Layon (3), on trouve en abondance de nombreuses Hélices, notamment les *Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud, *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain, *Helix* (*Xerophila*) *palavasensis* Germain, *Helix* (*Xerophila*) *melantozona* Cafici, *Helix* (*Xerophila*) *acomptiella* Locard, etc., *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné.

Toutes ces espèces vivent dans une localité bien connue par sa faune entomologique et sa flore méridionales. Les Mollusques y forment des colonies très populeuses, vivant un peu partout, mais affectionnant spécialement le *Fœniculum*

(1) Presque uniquement sur les Légumes. Les deux premières espèces sont abondantes ; l'*Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné est plus rare.

(2) Les trois espèces s'étaient un peu propagées, en dehors de la propriété, sur le patis de la Baumette ; elles en ont entièrement disparu et, depuis 1903, elles restent étroitement cantonnées dans la propriété même.

(3) Le Layon est un petit affluent de la Loire, se jetant dans ce fleuve à Chalonnes.

officinale Linné et les *Anthyllis*, notamment l'*Anthyllis Dillenii* Schulte. Ici le milieu n'a aucun caractère rudéral ; c'est le milieu ordinaire des localités calcaires chaudes des environs d'Angers (1).

Les espèces du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud se retrouvent en des points beaucoup plus éloignés de l'embouchure du fleuve. Je signalerai, très brièvement, les localités les plus typiques observées ces dernières années.

A Saumur, sur le coteau dominé par le château, j'ai recueilli divers *Helix* [*Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain, *Helix* (*Xerophila*) *papalis* Locard, etc...] et l'*Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné. L'*Helix* (*Xerophila*) *melantozona* Cafici vit aussi près du Pont-Fouchard et sur les collines du Thouet, à Montreuil-Bellay. Les milieux où prospèrent ces animaux n'ont aucun caractère rudéral.

A Tours, le long du quai de Saint-Symphorien (2), j'ai récolté les *Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller, *Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain et *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné. L'*Helix* (*Xerophila*) *xalonica* Servain paraît bien acclimaté : je l'ai d'abord vu en 1906 et revu cette année même. Pour la première fois, en septembre 1921, j'ai trouvé l'*Helix* (*Xerophila*) *pisana* Müller, espèce sans doute récemment introduite et qui, selon toute probabilité, ne se maintiendra pas. Le milieu où vivent ces animaux est nettement rudéral.

Enfin à Orléans, également le long des quais de la Loire et en milieu rudéral, j'ai observé des *Helix* du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *papalis* Locard et des *Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné, tous de petite taille (3).

En résumé, dans la vallée de la Loire, entre l'embouchure du fleuve et Orléans, on observe deux ordres de phénomènes :

(1) La localité de Beaulieu n'est d'ailleurs pas isolée. Quelques *Helix* se retrouvent entre Beaulieu et Champtocé, notamment l'*Helix* (*Xerophila*) *mendozæ* Servain, que j'ai observé entre Rochefort-sur-Loire et Chalonnes (près de la Chapelle Las Cases).

(2) Les *Helix* vivent sur les plantes croissant sur les perrées du quai.

(3) Au sud du bassin de la Loire, dans la vallée de la Sèvre-Niortaise, l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud (et ses formes affines) et l'*Helix* (*Cochlicella*) *barbara* Linné se sont avancés jusqu'à Niort. Ils sont, l'un et l'autre, abondants à Niort même, sur la place de la Brèche et dans le jardin public.

1° Dans la basse vallée, depuis l'embouchure jusqu'au voisinage d'Ingrandes, certaines des Hélices méridionales acclimatées sur le littoral de l'Océan Atlantique remontent d'elles-mêmes le long des rives du fleuve. C'est un cas très net de migration lente et continue. Elle n'est d'ailleurs pas limitée aux espèces citées précédemment. Il est à peu près certain que la même route a été suivie par les *Helix* (*Chilostoma*) *cornea* Draparnaud et *Helix* (*Hygromia*) *limbata* Draparnaud originaires de la région pyrénéenne et aujourd'hui répandus — bien que toujours rares — dans une grande partie de la vallée de la Loire et de l'Ouest de la France, où ils ont pénétré le long des affluents du grand fleuve. Le *Testacella Maugei* de Férussac et le *Testacella bisulcata* Risso, autres Mollusques méridionaux, ont également suivi une route analogue.

2° Dans la partie de la vallée comprise entre Ingrandes et Orléans, il n'y a plus migrations naturelles, mais introductions du fait involontaire de l'Homme. Ces introductions, dues à des causes diverses, mais surtout aux transports des marchandises, ont été suivies d'acclimatements. Les localités où ces acclimatements ont été définitifs se répartissent en deux séries : dans les unes (environs d'Angers à La Baumette, Trélazé, etc., Tours, Orléans), le milieu où vivent les Mollusques est nettement et uniquement rudéral; dans les autres (Beaulieu, au sud d'Angers, Saumur), le milieu n'offre rien de particulier et n'est nullement rudéral. Cette distinction est, comme je le montrerai plus loin, fort importante.

D'autres introductions sont dues aux apports du fleuve lui-même qui, au moment de ses crues, transporte des plantes et des animaux, venus souvent de très loin, et dont certains peuvent se fixer dans leur nouvel habitat. C'est ainsi que se sont acclimatés le long de la Loire, entre Saumur et Nantes, des plantes nombreuses, des Mollusques [*Helix* (*Helicodonta*) *obvoluta* Müller, *Helix* (*Arianta*) *arbustorum* Linné, *Helix* (*Fruticicola*) *cælata* Studer] et beaucoup d'Insectes, surtout des Cérambycides et des Chrysomélides.

La vallée de la Loire, entre Tours et Nantes, mais surtout de Saumur à Angers et d'Angers à Ancenis, présente ainsi, grâce à ces migrations diverses, à ces introductions et à ces

acclimatements, une faune nettement spécialisée, différente de celle du reste du pays. C'est cette faunule, sur la composition de laquelle je reviendrai dans un travail ultérieur, que j'ai autrefois distinguée sous le nom de *faunula ligerica* (1).

IV

Tels sont les faits que j'ai pu observer, dans le bassin de la Loire, entre Saint-Nazaire et Orléans. Il n'est pas sans intérêt, avant d'en tenter une explication, de les rapprocher des acclimatements observés en d'autres points de la France, notamment aux environs de Lyon et de Paris.

A Lyon, il existe actuellement des colonies fort prospères d'Hélices méridionales (2). Leur introduction première remonte assez loin, à l'époque où Sionnest et Terver (1840) étudiaient la malacologie lyonnaise. La seule Hélice alors signalée, l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud (3), était rare, et elle disparut si complètement que A. Locard put écrire que cette espèce, se trouvant « autrefois dans Lyon, aux Étroits et dans la presqu'île de Perrache », était perdue (4). Elle reparut en 1880 ou 1881, avec d'autres du même groupe, et les colonies de ces Mollusques (5) se développèrent rapidement (6). Depuis, ces animaux ont considérablement multiplié, et si quelques-unes des stations citées par A. Locard ont disparu pour des causes variées (7), d'autres se sont

(1) Germain (Louis), *loc. supra cit.*, 1903, p. 45, et Considérations générales faune malacolog. départ. Maine-et-Loire (*Associat. franç. avanc. sciences*, Congrès d'Angers, 1903, II, p. 769) (tirés à part, Angers, 1903, p. 6-7, et, carte, p. 7).

(2) Elles appartiennent au groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *neglecta* Draparnaud et, surtout, au groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud.

(3) Ou, plus exactement, la forme nommée, par Blanc, *Helix salentina*.

(4) Locard (A.), Note sur les migrations malacologiques aux environs de Lyon (*Annales Société Agriculture, Hist. nat. Arts utiles*, Lyon, 1878, p. 58) (tirés à part, p. 26).

(5) Ces colonies étaient situées en divers points de la ville : cours Lafayette fort de Villeurbanne, talus de chemin de fer au sud de Lyon, octroi de La Mouche, etc.

(6) Locard (A.), Contributions à la faune malacologique française, IV : Sur la présence d'un certain nombre d'espèces méridionales dans la faune malacologique des environs de Lyon (*Annales Société linnéenne*, Lyon, XXIX, 1882).

(7) Notamment des remblaiements et des travaux de voirie.

agrandies et quelques colonies nouvelles se sont formées. Dans un intéressant mémoire, publié en 1918, le Dr Ph. Riel (1) a repris la question et étudié en détail les colonies lyonnaises de *Variabiliana*. Je reviendrai plus loin sur les conclusions du Dr Ph. Riel ; je noterai seulement que le mode d'acclimatement est, à Lyon, identique à celui que j'ai plusieurs fois signalé autour de Paris et d'Angers et que le milieu où vivent ces Mollusques est uniquement rudéral.

A. Locard et L. Germain (2) ont consacré, en 1903, un travail à l'introduction d'espèces méridionales autour de Paris. L'enquête très approfondie à laquelle je me suis livré a prouvé que la cause de cette introduction est l'expédition des denrées alimentaires, notamment des légumes en provenance du Midi et de l'Ouest de la France. Les détritus des halles, répandus à profusion, comme engrais, dans toute la banlieue parisienne, accroissent de plus en plus l'aire de dispersion des espèces introduites, dont l'acclimatement définitif est facilité par l'afflux continu de débris de toutes sortes contenant de jeunes Mollusques (3).

Les espèces acclimatées autour de Paris sont celles signalées à Lyon et dont j'ai aussi constaté la présence dans la vallée de la Loire. Le milieu où elles vivent est parfois identique ; mais, le plus souvent, il n'est plus seulement rudéral. On ne constate plus, comme à Lyon, l'existence de colonies isolées ; l'aire occupée par les Hélices embrasse aujourd'hui presque toute la banlieue parisienne. Nous assistons à un acclimatement définitif, non encore réalisé à Lyon, où les *Helix* vivent exclusivement, comme l'a montré le Dr Ph. Riel, dans un milieu rudéral pur (4).

Il n'a été constaté, jusqu'ici, autour de Paris, qu'un phénomène d'acclimatement (5) ; mais il existe, autour de Lyon, des

(1) Riel (Dr Ph.) La colonie lyonnaise de *Variabiliana* et l'acclimatation des *Helix* maritimes en milieu rudéral (*Annales Société linnéenne*, Lyon, LXV, 1918, p. 31-51).

(2) Locard (A.) et Germain (L.), Sur l'introduction d'espèces méridionales dans la faune malacologique des environs de Paris (*Mémoires Académie Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon*, 3e série, VIII, 1903, p. 57-126).

(3) *Loc. supra cit.*, 1903, p. 54 et sq. des tirés à part.

(4) Riel (Dr Ph.), *loc. supra cit.*, 1918, p. 36-39 et p. 50.

(5) Je laisse de côté certaines espèces [*Helix* (*Euparypha*) *pisana* Müller,

Mollusques dont la présence est due à une migration naturelle. Ainsi A. LOCARD y a signalé (1) les *Helix* (*Xerophila*) *cespitum* Draparnaud, *Helix* (*Trochula*) *crenulata* Müller, *Helix* (*Theba*) *rubella* Risso, *Helix* (*Theba*) *cemenelea* Risso et *Pupa megacheilos* Crist. et Jan, toutes espèces franchement méridionales et même, — sauf pour les *Helix cespitum* Draparnaud et *Helix cemenelea* Risso, — exclusivement provençales. Ces animaux vivaient, sur les bords du Rhône (2), aussi bien au nord qu'au sud de l'agglomération urbaine ; divers exemplaires en ont été trouvés aussi dans les alluvions même du fleuve; mais, étant donnée la direction du courant, on ne peut songer à les considérer comme apportés par les crues du Rhône. Il est évident que plusieurs de ces Mollusques ont été introduits par les marchandises transportées par chemin de fer ou par bateaux ; mais il en est d'autres, comme les *Helix cespitum* Draparnaud et *Helix cemenelea* Risso, qui ont pu remonter lentement la vallée du Rhône comme nous avons vu plusieurs espèces le faire le long de la Loire. Le fait paraît certain pour le *Pupa similis* Bruguière [= *Pupa quinquedentata* Born], autre espèce méridionale qui s'est peu à peu propagée le long des vallées du Rhône (3) et de la Saône, d'où elle a gagné les départements du Bas-Rhin et de la Meurthe.

V

Les espèces méridionales introduites dans le bassin de la Loire présentent quelques caractères particuliers. D'une manière générale, les coquilles restent de taille un peu plus faible que dans leur habitat normal, et cette tendance aux formes *minor* est d'autant plus accentuée que l'on remonte plus haut le cours du fleuve. Déjà sensible aux environs de

Helix (*Cochlicella*) *barbara* Linné] introduites à plusieurs reprises autour de Paris. Les colonies de ces Mollusques ont pu se reproduire, survivre deux ou trois années, mais elles ont fini par disparaître sans laisser de traces.

(1) LOCARD (A.), *loc. supra cit.*, 1878, p. 8 et sq. ; et *loc. supra cit.*, 1882, p. 9, 18 et sq.

(2) Parfois au milieu de plantes méridionales également introduites.

(3) Ce *Pupa*, originaire de la Provence, est aujourd'hui connu, entre le littoral méditerranéen et Lyon, dans les départements suivants : Gard, Vaucluse, Ardèche, Drôme, Isère.

Tours, elle est très nette à Orléans. La coquille peut aussi diminuer d'épaisseur, et son ornementation picturale est ordinairement moins brillante et moins vive. Ces deux dernières modifications ne sont d'ailleurs que peu constantes : souvent bien indiquées dans les colonies d'introduction récente, elles s'atténuent et peuvent même disparaître lorsque les Mollusques sont définitivement acclimatés.

Nous avons vu que les Hélices méridionales acclimatées appartiennent seulement à quelques groupes vivant dans des régions toujours peu éloignées du bord de la mer. L'influence maritime a donc une grande importance et explique la propagation de ces animaux le long des côtes françaises. Comment ont-ils pu pénétrer plus ou moins loin dans l'intérieur du pays?

Je rappelle qu'il convient d'établir une distinction essentielle entre les migrations naturelles et les introductions suivies d'acclimatements.

Les migrations naturelles se sont effectuées d'elles-mêmes, les Hélices gagnant de proche en proche, tant que l'influence maritime s'est fait sentir, c'est-à-dire le long de la large trouée de la Loire, jusqu'aux environs d'Oudon. Les Mollusques ont pu remonter plus loin, jusque vers Ancenis, parce que les bords de la Loire présentent, avec les rivages de la mer, certaines analogies : c'est ainsi que les larges plages de sable des bords du fleuve sont couvertes, comme celles du littoral, d'une végétation xérophile.

Les introductions sont dues partout à l'intervention involontaire de l'Homme, et je crois inutile de revenir sur cette question, que j'ai traitée à plusieurs reprises. Je rappellerai seulement que l'extension des transports par voie ferrée y joue un rôle essentiel. Mais l'acclimatement n'a lieu que si certaines conditions primordiales sont remplies. L'étude d'un grand nombre de stations où les Hélices méridionales prospèrent aujourd'hui permet de définir ces conditions.

Dans la vallée de la Loire, aussi bien qu'à Lyon et aux environs de Paris, on constate deux influences principales :

a. La température. — Les Hélices vivent toujours dans des localités exposées au midi et jouissant d'un climat relati-

vement chaud, privilégié par rapport au milieu environnant. Un des meilleurs exemples est celui de Beaulieu, au Sud d'Angers, où les *Helix* prospèrent dans une station remarquable par son allure méridionale : on y a, depuis fort longtemps, signalé toute une série d'Insectes et de Végétaux du Midi (1).

b. Le milieu rudéral. — Le milieu maritime n'ayant plus d'influence est remplacé par le milieu rudéral. Le fait est très net à Lyon, dans une partie de la banlieue de Paris et dans diverses localités de la vallée de la Loire, comme aux environs immédiats d'Angers, de Tours et d'Orléans. Or, on sait qu'il existe d'étroits rapports entre les plantes maritimes et les plantes rudérales (2), les secondes étant manifestement analogues aux premières, appartenant aux mêmes genres, souvent aux mêmes espèces.

L'importance du milieu rudéral dans l'acclimatement a été mise en évidence par le Dr Ph. Riel, dans le cas des *Helix* de Lyon (3). Les observations de ce savant concordent avec les miennes, et l'on peut dire que les Hélices méridionales, maritimes dans leur pays d'origine, prospèrent admirablement dans un milieu rudéral lorsqu'elles y sont brusquement transportées. En un mot, le milieu rudéral se substitue au milieu maritime et le remplace.

(1) Cf., surtout, parmi de nombreux mémoires : Millet (P.-A.), *Faune des Invertébrés de Maine-et-Loire*, 2 vol., Angers, 1870-1872 ; Géographie entomologique (*Mémoires Soc. Agricult.*, Angers, VI, 1848). — Gallois (J.), *Catalogue Coléoptères Maine-et-Loire*, 5 part., in-8°, Angers, 1888-1893. — Joannis (de), *Notes sur les Coléoptères de l'Anjou*, Le Mans, 1911, in-8°, xi + 264 p. — Delahaye (F.), Catalogue descript. Lépidoptères Anjou (*Mémoires Société nat. Agricult. sciences et Arts Angers*, Angers, 1899, in-8°, iv + 111 p., et Supplément, etc., Angers, janvier 1909, in-8°, iv + 30 p). — Boreau (A.), Catalogue Phanérogames Maine-et-Loire (*Mémoires Société académique Maine-et-Loire*, VI, Angers, 1859, p. 1-216). — Bouvet (G.), Muscinées du département du Maine-et-Loire (*Bulletin Soc. ét. scientif. Angers*, XXV, 1895, p. 343-486).

(2) Gola (Dr G.), Studi di rapporti tra la distribuzione delle plante e la costituzione fisico-chimica del suolo (*Annali di Botanica*, III, fasc. III, Rome, 1905) ; et : Saggio di una teorica osmotica dell'edafismo (*Annali di Botanica*, VIII, fasc. III, Rome, 1910). Deux excellents résumés des travaux du Dr G. Gola ont été publiés par Cl. Roux, Le problème de l'Édaphisme d'après le Dr Gola (*Annales Soc. linnéenne*, Lyon, 2e série, LVIII, 1911, p. 65-146); et : Sur le nouvelles contributions du Dr Gola au problème de l'Édaphisme (*Soc. botanique Lyon*, XXXVII, 1912, p. 179-197).

(3) Riel (Dr Ph.), *loc. supra cit.*, 1918, p. 36 et sq.

Ces deux facteurs principaux n'ont pas la même valeur relative. Tantôt le facteur température a une influence dominante : c'est le cas pour les *Helix* du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *cespitum* Draparnaud (1) ; tantôt, au contraire, le milieu rudéral joue le rôle le plus considérable : c'est ce qu'on observe pour les *Helix* du groupe de l'*Helix* (*Xerophila*) *variabilis* Draparnaud.

Un troisième facteur me semble également favoriser l'acclimatement : la complication et la perfection de l'appareil génital des Hélices introduites leur permettant de se reproduire avec une grande facilité. Cette observation a une portée plus générale. Elle permet, peut-être, d'expliquer pourquoi les Mollusques paléarctiques s'acclimatent si rapidement dans l'hémisphère sud, alors que l'acclimatement des espèces de l'hémisphère sud (2) en Europe est presque impossible. C'est que les Gastéropodes terrestres paléarctiques ont un appareil génital beaucoup plus perfectionné qui facilite leur reproduction et leur dissémination.

Deux facteurs principaux coucourent donc à l'acclimatement des Hélices méridionales transportées hors de leur pays d'origine : le facteur température et le facteur maritime, ce dernier, le plus important (3), pouvant être remplacé par le milieu rudéral.

Mais les choses peuvent être plus compliquées encore. Nous avons vu qu'en certaines localités les Hélices introduites vivaient dans des milieux ne présentant aucunement le caractère rudéral. C'est que de nombreuses observations m'ont montré que l'acclimatement se fait ordinairement en deux temps.

Pendant une première période, les *Helix* habitent un

(1) C'est pourquoi ces espèces ne se retrouvent plus au nord de la Loire.

(2) On sait avec quelle facilité certains Mollusques européens se sont acclimatés : l'*Helix* (*Cryptomphalus*) *aspersa* Müller, par exemple, est aujourd'hui très commun dans de nombreuses localités de l'Amérique du Sud, de l'Afrique australe, de l'Océanie. Ce cas est celui de beaucoup d'autres *Helix* et d'assez nombreux Limaciens.

(3) A Dieppe, les *Helix* du groupe de l'*Helix variabilis* Draparnaud sont plus typiques qu'à Paris, bien que le climat y soit plus froid, parce que ces animaux y sont directement soumis à l'influence maritime [Cf. Germain (Louis), *Feuille Jeunes Naturalistes*, n° 401, 1904, p. 102-103].

milieu rudéral pur. Tel est le cas des colonies de Lyon, de la banlieue d'Angers, de Tours, d'Orléans. Ici le rayonnement des espèces est extrêmement lent et limité, et l'acclimatement n'est nullement définitif. Si les causes qui ont présidé à l'introduction des espèces viennent à disparaître, les colonies d'*Helix* peuvent s'éteindre à leur tour (1).

Mais, par suite de circonstances plus favorables (2), l'aire de dispersion des Mollusques peut s'étendre. Les animaux introduits, tout en préférant encore le milieu rudéral, s'en éloignent volontiers, se propagent et rayonnent largement, d'abord lentement, puis assez vite. Les *Helix* ont alors une dispersion rappelant celle de leur pays d'origine. Ce processus est en voie rapide de réalisation aux environs de Paris ; il est un fait accompli à Beaulieu, au sud d'Angers. L'acclimatement est désormais définitif, et les espèces introduites font partie intégrante de la faune du pays.

***

Ainsi, dans la vallée de la Loire, il existe des migrations et des introductions de Mollusques ayant fourni et fournissant encore de nouveaux éléments se superposant à la faune autochtone. Quelques-unes de ces migrations sont dirigées de l'est à l'ouest ; mais les plus importantes suivent la vallée de l'ouest à l'est et sont des apports d'espèces méridionales et maritimes déjà acclimatées, depuis fort longtemps, le long des côtes françaises de l'océan Atlantique et de la Manche.

Ces espèces ont émigré d'elles-mêmes le long de la vallée de la Loire, remontant le cours du fleuve un peu au-dessus du point où l'influence maritime cesse de se faire sentir. Au delà, par suite de l'intervention involontaire de l'homme, elles ont été introduites et, en beaucoup de localités, se sont acclimatées définitivement. L'introduction est due, presque

(1) Ainsi s'explique la disparition des premières Hélices méridionales introduites à Lyon [Cf. : Locard (A.), *loc. supra cit.*, 1878, p. 58].

(2) Par exemple : l'apport continuel, comme aux environs de Paris, de nouveaux Mollusques ; l'introduction des *Helix* dans des localités favorisées par leur exposition, leur température élevée, leur végétation méridionale, etc...

uniquement, aux transports par voie ferrée. Les principaux facteurs qui favorisent l'acclimatement sont l'exposition et la température (facteur méridional), — et le milieu rudéral se substituant au milieu maritime. Le mécanisme de l'acclimatement est assez complexe. Les espèces méridionales vivent d'abord exclusivement en milieu rudéral ; puis, quand les circonstances le permettent, elles rayonnent autour de ce milieu et se répandent à la manière des espèces autochtones. Alors, mais alors seulement, l'acclimatement des espèces introduites peut être considéré comme définitif.

LA LARVE DE LA LUCIOLE

(*LUCIOLA LUSITANICA* CHARP.)

Par E. BUGNION

SOMMAIRE

Introduction relative aux mœurs et à la capture de cette larve.
Description. — Structure du corps et des membres. Pièces buccales ; mécanisme de l'appareil maxillo-labial. Papilles anales.
Étude des viscères. — Tissu adipeux, tube digestif, anses malpighiennes, ébauches testiculaires, système nerveux.

La larve de la Luciole niçoise a été décrite d'une façon sommaire par J. Bourgeois (*Faune gallo-rhénane*, IV, p. 87, 1884).

Notre regretté collègue ne paraît pas toutefois avoir eu entre les mains un exemplaire vivant de cette larve. Il ne dit rien de la luminosité (d'ailleurs très faible) de cet Insecte ; il ne dit rien non plus des pièces buccales (1).

C'est vraisemblablement à cause de leurs habitudes plus ou moins souterraines que les larves des Lucioles sont actuellement encore si peu connues. L'oviscapte de la femelle étant relativement très long, on est en droit d'admettre que les œufs sont enfouis dans la terre à une certaine profondeur et non pas, comme ceux des Lampyres, simplement déposés à la surface. La larve qui se nourrit de petits Escargots, comme celles des Lampyrides en général, ne sortirait de sa cachette que pour se mettre en chasse (de préférence à l'heure du soir).

Il est d'ailleurs probable qu'après s'être installée dans la coquille d'un Escargot elle y reste immobile, jusqu'à ce que son « bouillon nutritif » soit consommé.

(1) La larve d'une Luciole américaine (*Photuris congrua* Chev.) avait précédemment déjà été décrite par Candèze (*Métamorphoses de quelques Coléoptères exotiques*, Liége, 1861).

La larve (sujet unique) dont j'ai entrepris tout d'abord de faire l'étude a été trouvée à Grasse le 16 avril 1917, par Mme Bugnion Lagouarde, dans un jardin planté d'Oliviers et d'Orangers. Cachée dans la terre à 15 centimètres environ de profondeur, elle aurait peut-être passé inaperçue, n'était la couleur testacée des deux derniers anneaux du corps, couleur qui suffit pour attirer l'attention.

Cette larve ayant été placée dans un tube en compagnie d'un petit *Helix*, je trouvai deux jours après la coquille à moitié vide et l'Insecte retiré à l'intérieur.

Le 26 avril, mon sujet étant sorti de sa cachette, j'essayai de vérifier si la larve de la Luciole est lumineuse.

La luminosité me parut au premier moment à peu près nulle. L'Insecte, observé dans l'obscurité, était, à vrai dire, presque invisible. Quelques instants plus tard, la larve ayant été posée sur la main et réchauffée au souffle de la bouche, je vis le bout du corps s'éclairer faiblement. C'est notamment sur l'avant-dernier segment de l'abdomen que les organes phosphorescents sont situés. Plus faible que celle de la larve du Lampyre noctiluque, la lumière émise par mon sujet était juste assez visible pour permettre de distinguer deux points verdâtres, l'un à droite et l'autre à gauche, ressortant sur un fond noir. Une ablution d'eau froide eut pour effet d'éteindre les deux lumignons (contrairement à ce qu'on observe chez la larve du *Phausis Delarouzeei*, espèce assez abondante à Aix). C'est seulement après avoir été séchée sur du papier buvard, et de nouveau réchauffée, que la larve observée se remit à briller très faiblement.

Commencée en 1917, l'étude qui fait l'objet de cet article a été reprise en avril 1921, grâce à la collaboration de M. Poutiers, directeur de l'Insectarium de Menton.

S'étant, en réponse à ma demande, mis à rechercher des larves de Lucioles, M. Poutiers fut assez habile pour en trouver une vingtaine sur les terrains de l'Institut agricole.

Le procédé qui lui a le mieux réussi consiste à chasser dans la soirée et, en se penchant vers le sol, à chercher à découvrir les deux points lumineux qui trahissent la présence dudit Insecte. Quoique faiblement éclairants, ces lumignons

suffisent pour guider le chasseur dans sa recherche. Une lampe électrique de poche, allumée au bon moment, peut rendre également de bons services.

Un fait qu'il importe de relever est que plusieurs des larves capturées à cette époque (reçues à Aix le 3 mai) étaient encore très petites. La longueur du corps était de 10 à 12 millimètres pour la plupart. Quelques-unes en mesuraient de 15 à 16. Une seule (conservée dans l'alcool) avait atteint la taille très exceptionnelle de 20 millimètres de longueur sur 4 de largeur. La conclusion à tirer de ces remarques est que le développement de la Luciole ne s'effectue pas toujours en une année. C'est en effet aux premiers jours de mai (parfois dès le 20 avril) que, sur le littoral, les Lucioles adultes commencent à se montrer. La durée de la phase nymphale pouvant, pour les Lampyrides en général, être évaluée à dix-huit ou vingt jours, il n'est guère admissible que des larves de 10 à 12 millimètres observées le 3 mai puissent grandir assez vite pour se transformer le même mois. Du moment que le développement du *Lampyris noctiluca* et du *Pelania mauritanica* se prolonge, dans certaines circonstances, pendant deux ans (1), il est très probable que la Luciole peut faire de même. Ce serait le cas notamment lorsque, chichement nourrie durant l'automne, la larve n'a, au printemps suivant, pas encore acquis sa grosseur habituelle.

D'autres observations se rapportent au comportement des larves plongées dans l'eau.

Immergée dans une cuvette à 2 ou 3 centimètres de profondeur, la larve de la Luciole ne cherche pas à remonter à la surface, mais se borne à ramper sur le fond du récipient. On voit, à chaque pas, le bout de l'abdomen se replier en dessous du corps, puis s'étendre de nouveau dans un mouvement alternatif. Les papilles anales s'évaginant d'elles-mêmes au moment de l'extension (la larve prend appui sur elles), on peut les observer entièrement étalées, sans qu'il soit nécessaire de disséquer.

La larve de la Luciole oppose à l'asphyxie une résistance

(1) Voir Bugnion, 1921, *b*.

extraordinaire. Ce n'est pas seulement vingt-quatre heures, mais deux ou trois fois vingt-quatre heures qu'il faut parfois attendre, pour que la larve immergée soit vraiment morte. Tout prouve cependant que sa provision d'air est très minime. L'insecte adulte (capable de voler) se comporte d'une façon tout autre ; au lieu de se laisser couler, il flotte de lui-même à la surface.

Observées sous l'eau, les larves à demi asphyxiées prennent un aspect particulier, qui mérite de nous arrêter quelques instants. Les tergites s'étant (à cause du relâchement des muscles) écartés les uns des autres, les parties membraneuses ressortent comme de jolies bandes d'un blanc nacré sur un fond noir. Les couleurs des téguments et les divers détails de la surface se montrent, grâce à cet artifice, avec une netteté réellement admirable.

Description (fig. 1 et 2). — Longueur 14 à 16 millimètres sur $2^{mm},5$ à 3. Exceptionnellement (sexe femelle?) 20 millimètres sur 4. Forme générale des larves de *Lampyris* et *Phosphænus* (1), et non pas des larves de *Phausis*, qui sont plus aplaties et bien plus larges.

Corps formé de douze segments (sans compter la tête, non plus qu'un segment anal rudimentaire) d'un beau noir luisant en dessus, avec les deux derniers tergites d'un rouge testacé.

Tête relativement petite, de couleur foncée, plus longue que large, portée par un col musculo-membraneux blanchâtre, entièrement rétractile à l'intérieur du prothorax.

Antennes formées de deux articles de couleur foncée, insérées sur un socle membraneux, pouvant se retirer à l'intérieur de ce dernier (2).

Premier article, membraneux à la base, chitineux au bout externe. Deuxième article chitineux, de forme oblongue, surmonté d'un prolongement bacilliforme et d'une vésicule probablement olfactive. Un ocelle assez grand placé de

(1) La ressemblance de la larve de *L. lusitanica* avec celle du *Phosphænus hemipterus* m'a été signalée par L. Planet, auteur d'une étude relative à cet Insecte (Voir *le Naturaliste*, Paris, 1909).

(2) C'est sans doute au moment où la tête s'enfonce dans la chair de l'Escargot que se produit la rétraction des antennes.

part et d'autre près du bord latéral, un peu en arrière de l'antenne, au côté dorsal.

En arrière de l'ocelle, deux pores surmontés d'un poil tactile, placés près du bord.

Tergites un à huit coupés sur la ligne médiane par une suture blanchâtre, le douzième avec une ligne médiane noire ressortant nettement sur le fond testacé de cet article.

Pronotum élargi d'avant en arrière, à peu près aussi long qu'il est large à sa base ; son bord antérieur légèrement arrondi ; son bord postérieur à peu près droit. La partie antérieure du prothorax, prolongée en cône tronqué, forme un col annulaire par lequel la tête peut rentrer à l'intérieur.

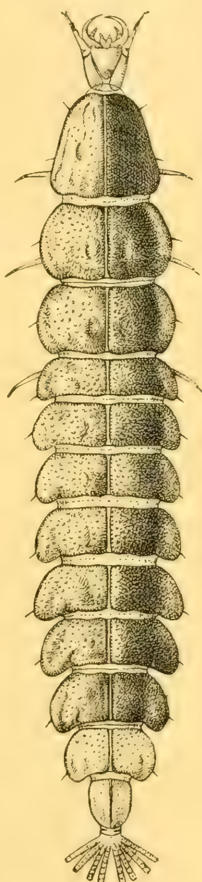


Fig. 1. — *Luciola lusitanica.* Larve asphyxiée dans l'eau. Vue dorsale. ×8. (Planet.)

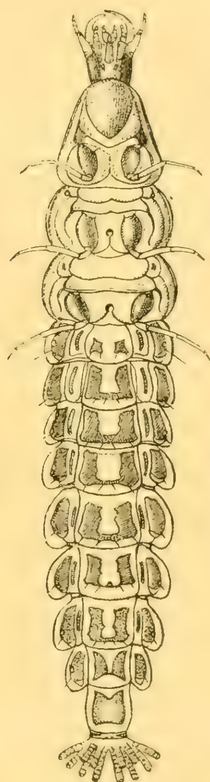


Fig. 2. — *Luciola lusitanica.* Larve. Vue ventrale. ×8. (Planet) (1).

Méso et métathorax courts, deux fois plus larges que longs, arrondis sur les côtés. Les segments abdominaux de même largeur, mais plus courts et plus transverses, subégaux jusqu'au neuvième inclusivement, puis diminuant jusqu'au bout du corps. Les neuvième, dixième et onzième avec leur bord postérieur échancré en

(1) Les figures signées (P.) ont été copiées à l'encre de Chine, d'après les originaux de l'auteur, par L. Planet, dessinateur à Saint-Cloud. Les figures signées (Planet) ont été exécutées d'après nature par cet artiste. Les figures signées (Bugnion) sont entièrement de la main de l'auteur.

demi-cercle; le douzième de forme oblongue avec le bord postérieur arrondi. Un treizième, segment rudimentaire formant un anneau très court.

Bien que les tergites dépassent un peu les sternites, ils ne forment pas sur les côtés des expansions comparables à celles qui caractérisent les larves du genre *Phausis*.



Fig. 3. — *Luciola lusitanica*. Patte postérieure droite de la larve. × 30. (P.)

La face ventrale (fig. 2) montre des plaques foncées d'un brun noirâtre et des parties membraneuses d'un blanc jaunâtre (1).

Les segments thoraciques, faiblement chitinisés dans notre espèce, ont leur bord postérieur distinctement échancré.

Les hanches, de couleur brune, sont, les postérieures surtout, écartées les unes des autres. Chacune d'elles s'articule sur le segment correspondant au moyen d'un arc chitineux.

Les pattes (fig. 3) de couleur jaunâtre, relativement faibles, sont composées de trois articles, le fémur, le tibia et l'article unguéal, ce dernier terminé par un ongle simple.

Les segments abdominaux ont, sur la face ventrale, un aspect qui diffère quelque peu de celui qu'on observe chez *Lampyris* et chez *Phausis*. Tandis que les sternites sont simples dans ces deux genres, il y a chez la larve de la Luciole une série de plaques sternales doubles, séparées l'une de l'autre par une partie membraneuse. Bien marquées sur les segments un à six de l'abdomen, ces plaques s'effacent plus ou moins sur les trois derniers arceaux.

Les épisternites, représentés chez *Lampyris* et *Phausis* par une série de pièces étroites comparables à des virgules, sont peu apparents chez *Luciola*.

(1) Les parties membraneuses de l'abdomen sont assez minces pour que, lorsqu'on dissèque sous l'eau salée, on puisse distinguer par transparence les boules graisseuses qui flottent librement à l'intérieur.

Les épimères, au nombre de huit, placés sur les bords des segments un à huit de l'abdomen, portent chacun un tubercule stigmatifère externe et, en arrière de celui-ci, un mamelon surmonté d'un poil.

Il y a, en sus des huit stigmates abdominaux, une paire de stigmates thoraciques placés sur le bord antérieur du mésothorax, au niveau d'une petite pièce triangulaire encastrée dans ce bord.

La figure 4, dessinée à un grossissement de 30, fait voir les deux dernières paires de stigmates avec les trachées initiales correspondantes et les principaux rameaux qui s'en détachent (1).

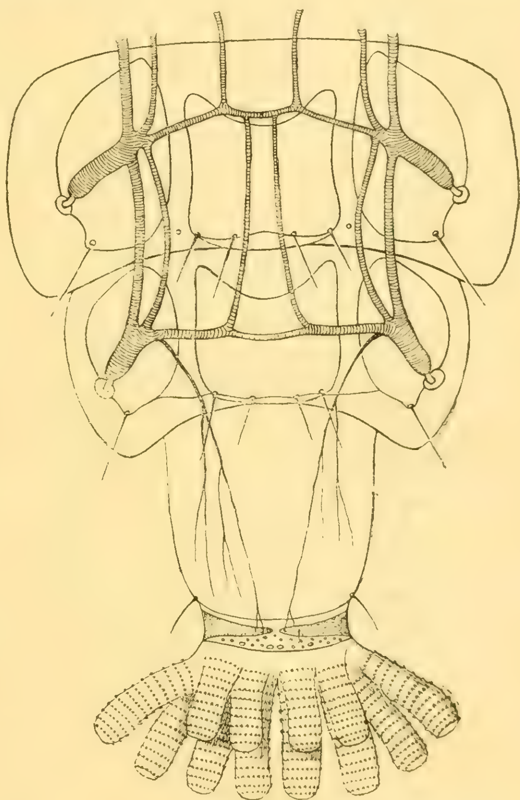


Fig. 4.— *Luciola lusitanica.* Larve de 15 millimètres asphyxiée dans l'eau, montée dans la glycérine gélatinée phénolée. Vue ventrale du bout du corps. × 30. (P.)

Structure de la tête (fig. 5, 6, 7). — La capsule cranienne comprend une *plaque sus-céphalique* (Candèze), en forme de triangle arrondi, et deux *lames latérales* symétriques (une droite et une gauche) repliées en

(1) Chez la larve de *Photuris congrua*, les stigmates sont, d'après Candèze, disposés de la façon suivante : deux petits sur les tubercules de la face inférieure du mésothorax, deux plus petits encore sur les parties correspondantes du métathorax, sept grands sur les sept premiers segments de l'abdomen, placés entre les deux tubercules externes de la face inférieure. Le huitième segment en est (contrairement à la règle habituelle) complètement dépourvu. Tous ces stigmates sont largement aréolés de noir sur un fond jaune, ce qui les rend très distincts à l'œil nu. La belle taille (30 millimètres sur 6) qu'atteint la larve de *P. congrua* rend, d'autre part, l'examen des stigmates bien plus facile.

dessous. Des angles antérieurs se détachent les socles antennaires déjà décrits.

La plaque sus-céphalique est séparée des lames latérales par une suture membraneuse bien apparente. Limitée en avant par un bord à peu près droit (débordée quelque peu par le bord antérieur du labre), elle porte de part et d'autre une apophyse saillante recourbée en dedans, recouvrant quelque peu la mandibule.

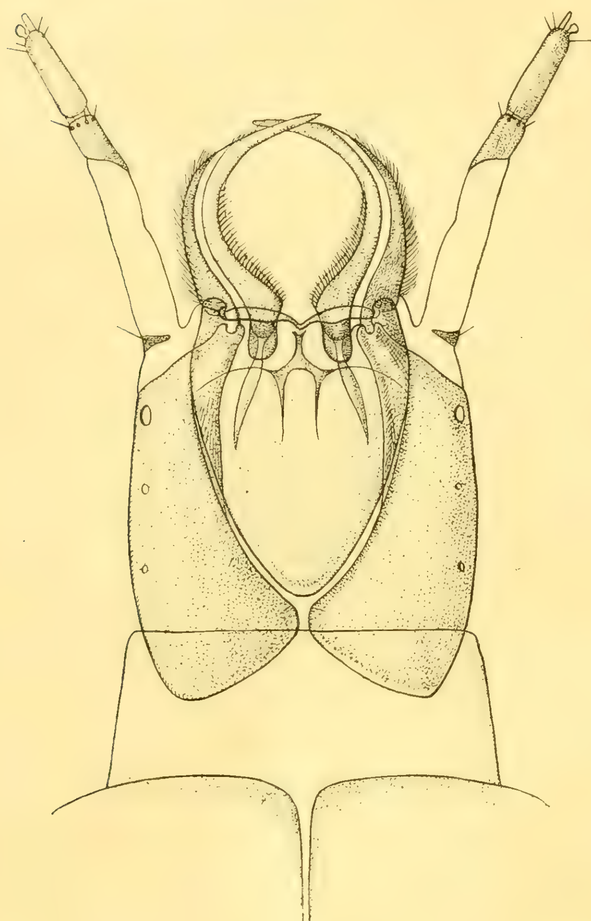


Fig. 5. — *Luciola lusitanica.* Tête de la larve. Vue dorsale. × 45. L'appareil maxillo-labial a été enlevé. (P.)

Les lames latérales, élargies d'avant en arrière au côté dorsal, se rapprochent l'une de l'autre en arrière de la plaque sus-céphalique de manière à entrer presque en contact. Leurs bords postérieurs forment, en convergeant l'un vers l'autre, un angle largement ouvert. C'est près de leurs bords latéraux, sur la face dorsale, que les ocelles et les pores pilifères sont situés.

Au côté ventral, les lames latérales [continuées en avant par les apophyses mandibulaires (fig. 7)] sont séparées l'une

de l'autre par une vaste ouverture de forme oblongue. Cette ouverture, qui représente l'*échancrure gnathale* des Insectes masticateurs (1), se prolonge en arrière jusqu'au trou occipital.

C'est, comme nous le verrons tout à l'heure, sur cette « ouverture gnathale » que l'appareil maxillo-labial vient s'appliquer.

Pièces buccales. — Vivant aux dépens de petits Escargots du genre *Helix*, la larve de la Luciole a des mandibules canaliculées au moyen desquelles elle instille dans la chair de sa victime un liquide brun à la fois toxique, stupéfiant et digestif, sécrété par l'estomac. Un gésier musculeux situé entre l'œsophage et l'estomac sert au refoulement de ce liquide dans la cavité buccale et, de cette cavité, jusqu'aux canaux des mandibules. Le bouillon nutritif produit par l'action de ce virus est absorbé par la larve au moyen d'une bouche garnie de poils (s'imbibant par capillarité) et d'un pharynx bivalve qui remplit la fonction d'un organe aspirateur.

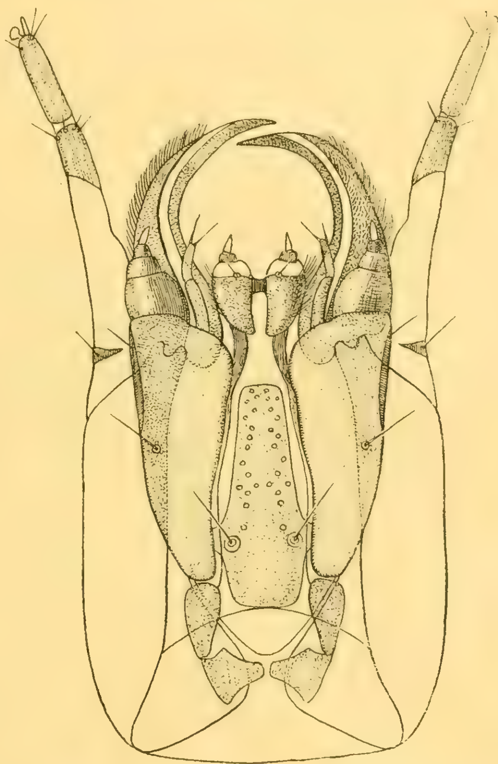


Fig. 6. — *Luciola lusitanica.* Tête de la larve Vue ventrale. × 45. (P.)

L'appareil bucco-pharyngien, si intéressant et si complexe, qui est propre aux larves des Lampyrides, a été découvert par Meinert en 1886 sur le Lampyre noctiluque. Entrevu

(1) Voir Bugnion, 1920, *a*.

par Fabre (1909) chez le même Insecte, décrit très exactement par R. Vogel et K. Haddon (1915), il se retrouve presque identique chez la larve du Ver luisant provençal (*Phausis Delarouzeei* Duval), chez celle du grand Lampyre de Ceylan

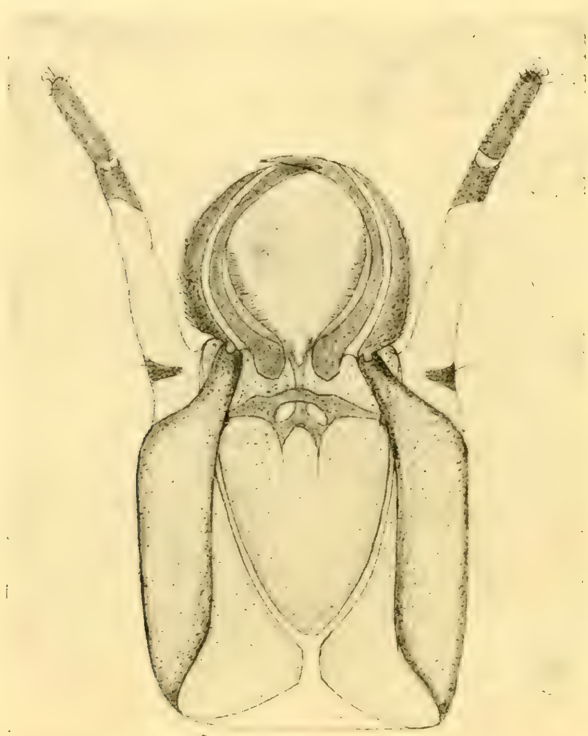


Fig. 7. — *Luciola lusitanica.* Tête de la larve. Vue ventrale. Figure destinée à montrer l'ouverture gnathale. L'appareil maxillo-labial a été enlevé. × 45. (Bugnion).

(*Lamprophorus tenebrosus* Walker) et chez celle de la Luciole (*L. lusitanica*).

Le *labre* (fig. 8) est une lame mince, de couleur jaunâtre, dont le bord antérieur, profondément échancré, garni de poils fins, est seul visible sur une tête non préparée. Appliqué à la face profonde de la plaque sus-céphalique, il est, à l'exception du bord antérieur, entièrement caché sous cette plaque. Observé par sa face ventrale sur une pièce éclaircie dans la potasse, il offre deux lobes symétriques séparés par une tige chitineuse. Largement bifurquée dans sa partie

postérieure, cette tige forme (comme chez les larves de *Lampyris* et de *Phausis*) une fourchette de couleur brune dont les extrémités se prolongent jusqu'au pharynx. On distingue encore (fig. 7 et 8) une pièce transverse courbée en forme d'arc qui, prenant appui sur les apophyses mandibulaires, constitue un support mobile pour le labre et le pharynx.

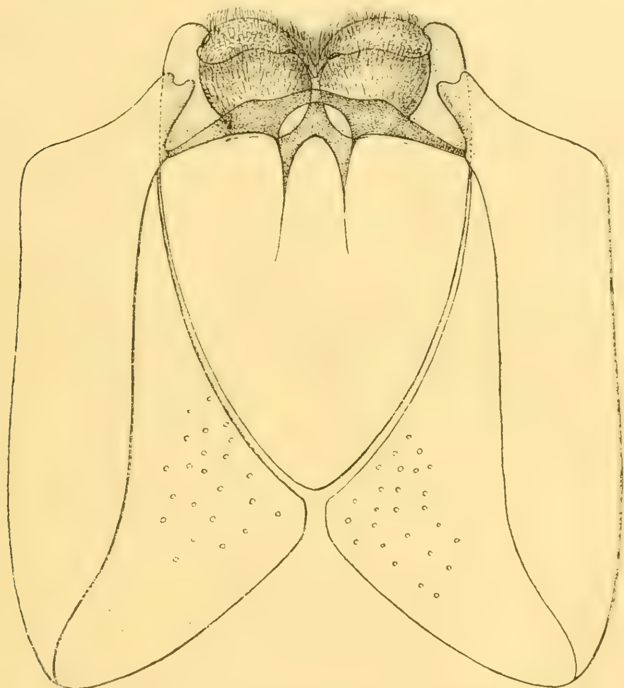


Fig. 8. — *Luciola usitanica*, larve. Portion de la tête traitée par la potasse caustique. Préparation au baume. Le labre vu par-dessous avec le support du pharynx. × 60. (P.).

C'est à cet arc mobile qu'est attachée la langue chez les larves des *Lampyris* et des *Phausis* (1).

A l'opposé de celui desdites larves, dont la face profonde montre des sillons transverses limités par des lames ciliées, aboutissant aux recessus latéraux de la cavité buccale et aux canaux des mandibules (2), le labre de la larve de *Luciola* a,

(1) La langue, simple chez *Lampyris noctiluca*, bifide chez *Phausis Delarouzeei*, bien développée dans ces deux genres, m'a paru atrophiée chez la larve de *Luciola*.

(2) La disposition remarquable des sillons qui se trouvent à la face profonde du labre chez la larve de *Lampyris noctiluca* a été exactement décrite par R. Vogel (1915, p. 360).

paraît-il, une structure beaucoup plus simple. Observé à un fort grossissement, le labre de mon sujet m'a montré seulement de petits poils sériés disposés dans le sens de la longueur, donnant l'apparence de sillons longitudinaux très réguliers.

Les *mandibules* (fig. 9), absolument symétriques, courbées en forme de faucilles, ont une pointe acérée et une base élargie portant une forte apophyse en arrière et en dedans. Croisées dans la position fléchie, elles se placent de manière

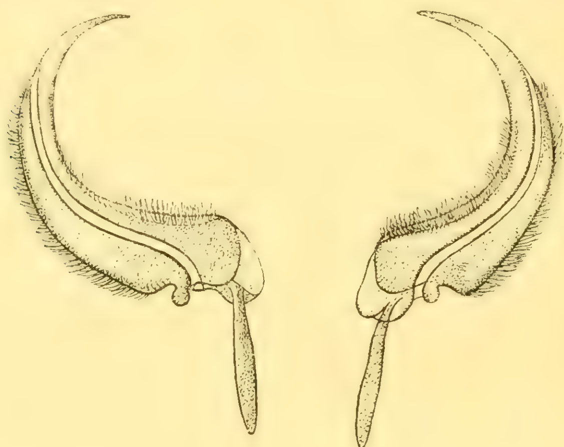


Fig. 9. — *Luciola lusitanica*, larve. Les mandibules isolées. Préparation au baume. × 58. (P.)

que la gauche passe sur la droite. Leur condyle, de forme arrondie, répond à la glène de l'apophyse mandibulaire. Le conduit destiné à l'injection du virus n'est pas un simple sillon comme celui de la larve du Fourmi-Lion, mais un véritable canal. Commençant à la base entre le condyle et l'apophyse interne, puis décrivant une courbe, il va s'ouvrir sur le bord externe un peu en arrière de l'apex et garde un calibre sensiblement égal d'un bout à l'autre. Contrairement à celle du *Lampyris noctiluca*, dont le bord interne porte une forte saillie velue, la mandibule de notre larve offre un bord interne régulièrement courbé sans aucune protubérance surajoutée. Ce bord est, de même que l'externe, richement garni de poils. Les apodèmes destinés aux insertions des muscles fléchis-

seurs sont, comme le montre la figure, relativement peu développés.

Le labium et les maxilles forment ensemble une large plaque qui, appliquée contre la face ventrale de la tête, peut être

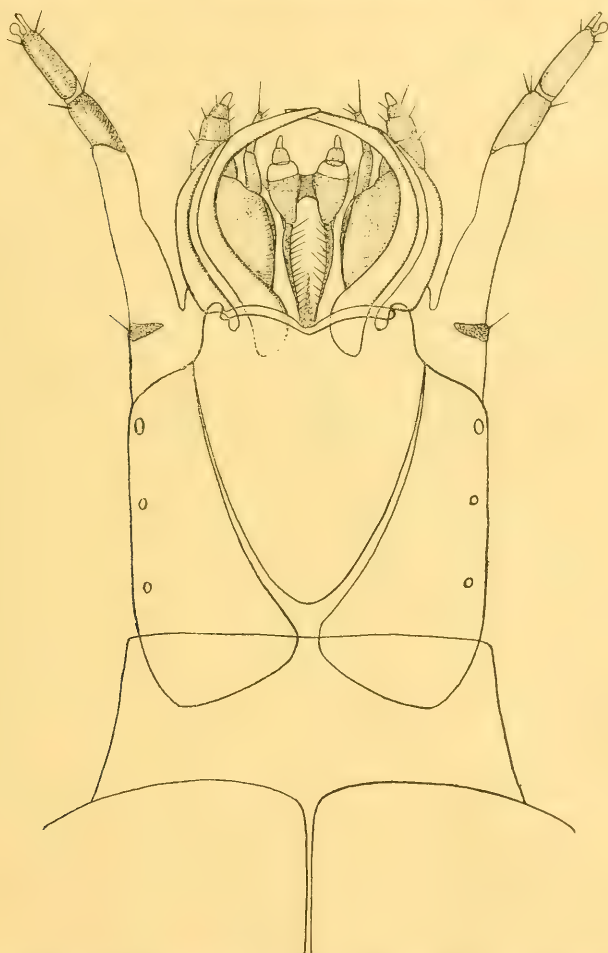


Fig. 10. — *Luciola lusitanica.* Tête de la larve. Vue dorsale. L'appareil maxillo-labial observé en propulsion. × 45. (P.)

détachée *in toto* au moyen de l'aiguille et du scalpel.

Cette plaque (*appareil maxillo-labial*) mérite d'autant mieux d'être considérée comme un tout, qu'elle peut, au gré de l'Insecte, se porter en avant ou en arrière, sans altérer les apports des diverses pièces qui la composent.

La position habituelle (rétropulsion) est représentée figure 6, tandis que la position en avant (propulsion) est dessinée figures 10 et 11.

C'est notamment lorsque la larve se dispose à absorber sa

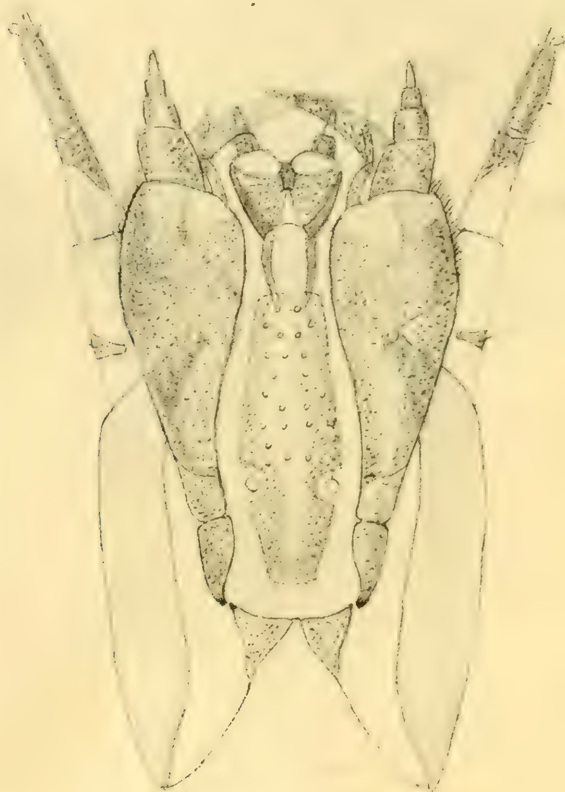


Fig. 11.— *Luciola lusitanica*, larve. Vue ventrale de la tête. L'appareil maxillo-labial observé en propulsion. × 63. (Bugnion.)

nourriture que l'appareil maxillo-labial se porte en entier en propulsion. S'avançant à ce moment en avant du labre, la gouttière labiale plonge dans le bouillon nutritif et peut (en même temps que les parties velues des maxilles) coopérer à la succion, tandis que, dans la position inverse (rétropulsion), cette même gouttière est, il est vrai, mieux protégée, mais incapable de fonctionner.

Cet ingénieux mécanisme, en rapport avec le mode d'articulation du mentum et des cardos, existe également chez les larves des *Lampyris* et des *Phausis*.

Ces préliminaires posés, il nous reste à décrire les diverses parties dont est formée ladite plaque.

Le *labium* des larves de Lampyrides offre ce trait particulier qu'il n'est pas supporté par une pièce basilaire (1).

L'échancrure gnathale étant ouverte en arrière, le basilaire n'existe pas chez ces larves.

Le *mentum* (première pièce du labium) est représenté par une lame allongée, faiblement chitinisée, de couleur jaunâtre, encastrée dans la membrane qui unit l'un à l'autre les deux stipes (fig. 12). Les stipes étant très longs, le mentum a pris lui aussi une forme allongée.

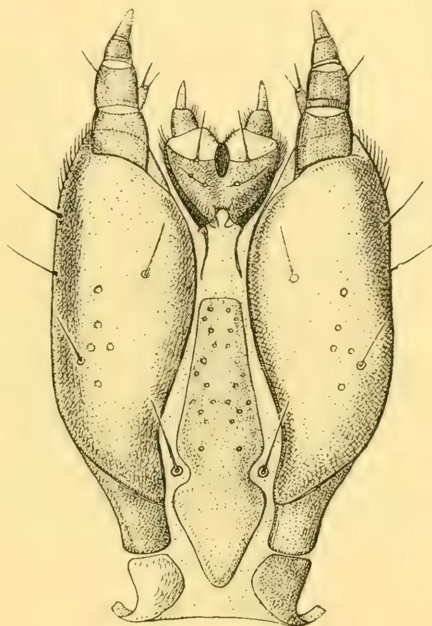


Fig. 12. — *Luciola lusitanica*, larve de 15 millimètres. L'appareil maxillo-labial isolé. Vue ventrale. Préparation au baume. × 68. (P.)

En lieu et place du basilaire, il y a dans la partie postérieure de l'ouverture gnathale des plis musculo-membraneux, qui, attachés aux bords des lames latérales, s'insèrent d'autre part sur deux *pièces triangulaires* situées des deux côtés du plan médian (dessinées fig. 11).

C'est grâce à ces dispositions que s'explique, à mon sens, le mécanisme de l'appareil qui nous occupe. On peut admettre en effet que, retenues par des muscles, les deux pièces triangulaires peuvent, au gré de l'Insecte, avancer ou reculer.

(1) Répondant probablement au sixième zoonite de la tête (zoonite labial), le *basilaire* ou *gula* est la partie de la capsule cranienne comprise entre l'échancrure gnathale et le trou occipital.

La plaque jaunâtre qui répond au mentum montre sur sa face libre quelques pores pilifères et, dans son tiers postérieur, au niveau de deux échancrures, deux pores plus importants surmontés chacun d'un poil rigide.

Placé au devant du mentum, le *palpigère* (deuxième segment du labium) est une pièce bilobée, de couleur brune, rétrécie d'avant en arrière, offrant sur son bord antérieur deux saillies blanchâtres surmontées par les palpes.

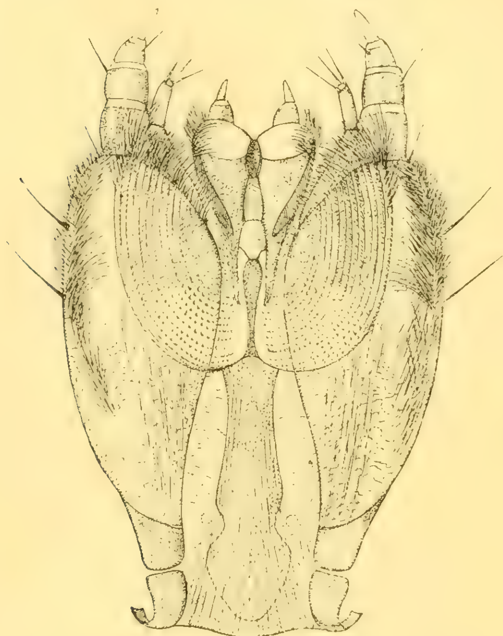


Fig. 13. — *Luciola lusitanica*, larve de 15 millimètres. L'appareil maxillo-labial isolé, traité par la potasse caustique. Vue dorsale. Préparation au baume. × 68. (P.)

Entre les deux saillies, se voit une échancrure triangulaire et, dans le fond de celle-ci, un nodule à peu près noir.

Lisse sur sa face ventrale, le palpigère offre au côté dorsal une gouttière nettement découpée (comme taillée à l'emporte-pièce) : la partie antérieure de la *gouttière du labium* (fig. 13).

Il n'y a pas trace de lobes terminaux, les palpes se trouvant, comme chez certains Staphylinides (*Creophilus*), en lieu et place de ces derniers.

Sur les bords du palpigère se voient de part et d'autre, au côté dorsal, deux épaississements de couleur foncée qui, richement garnis de poils, répondent, semble-t-il, à une paire de *brosses labiales* ou *paraglosses*. Des paraglosses libres, indépendantes du labium, semblables à celles des *Lampyris* et des *Phausis*, n'ont pas été observées chez la larve de *Luciola*.

Supportée à sa face inférieure par le mentum, la gouttière labiale peut être suivie jusqu'au pharynx.

Les *palpes labiaux*, relativement peu développés, ne comprennent que deux articles : un basilaire plus gros, presque aussi long que large, et un terminal, étroit, de couleur pâle, en forme de cône allongé, tous deux entièrement glabres. Entre ces deux segments se trouve une cavité articulaire, qui, au premier abord, simule un troisième article.

Les *maxilles* (fig. 11, 12, 13) sont composées chacune de cinq pièces : le cardo, le stipes, le palpe et les lobes terminaux.

Le *cardo*, de forme allongée, avec le bout postérieur atténué en pointe et rembruni, s'attache sur l'angle antéro-externe de la pièce triangulaire déjà décrite (dessinée fig. 11).

Le *stipes*, relativement très grand, rétréci d'avant en arrière, offre à son bout antérieur une partie renflée, de structure membraneuse, terminée par une troncature sur laquelle le palpe est inséré. La face ventrale, lisse, légèrement bombée, montre quelques pores pilifères clairsemés. La petite lame brune située en arrière de l'insertion du palpe peut être considérée comme un *palpifer* rudimentaire. Dans un plan plus profond se voit un cordon d'aspect fibrillaire qui formé, semble-t-il, de fibres nerveuses, pénètre à l'intérieur du palpe. La face dorsale porte, à proximité du bord externe, une houppe de poils rigides dirigés en avant. Sa partie antéro-interne est masquée par une membrane garnie de poils sériés, qui sera, tout à l'heure, étudiée plus en détail.

Proéminant un peu au côté ventral de la maxille, le *palpe maxillaire* est composé de quatre articles à peu près glabres. Les trois premiers, courts et épais, sont de grandeur décroissante ; le quatrième, beaucoup plus étroit, de couleur pâle, a la forme d'un cône allongé.

Le *lobe terminal externe* (*galea*), composé de deux articles, est en partie masqué par les poils longs et fins qui, détachés du stipes, l'embrassent à peu près de toute part. Le premier article, environ quatre fois plus long que large, dirigé obliquement de dedans en dehors et en avant, se voit (en vue dorsale, fig. 14) dans l'intervalle compris entre le palpe maxillaire et le palpigère du labium ; le deuxième, beaucoup plus

court, cylindrique, légèrement incliné en sens inverse, a un sommet tronqué surmonté de quelques poils.

Le *lobe terminal interne* (*lacinia*) est, au premier abord, difficile à distinguer. Au lieu d'une lame triangulaire nettement délimitée comme celle qui existe chez le Lampyre, on voit, chez *Luciola*, deux ou trois petites pièces jaunâtres, vaguement denticulées, qui, placées sur les bords de la gouttière labiale, semblent, à première vue, appartenir au mentum. Si toutefois on sépare au moyen des aiguilles le labium et les maxilles, on acquiert la preuve que les petites pièces jaunâtres mentionnées ci-dessus appartiennent à la maxille et répondent vraisemblablement aux lacinias. La même observation s'applique aux parties garnies de poils, qui, s'avançant des deux côtés par-dessus la gouttière labiale, transforment celle-ci en un tunnel. Le mentum isolé est en effet entièrement glabre sur ses deux bords.

En sus des parties qui viennent d'être décrites, l'appareil maxillo-labial montre, au côté dorsal, deux surfaces garnies de poils sériés rangés en lignes concentriques, formant un élégant dessin (fig. 13 et 14). Ces poils ne sont pas implantés sur le stipes. La maxille entièrement isolée fait voir une lamelle garnie de cils qui, dépassant les limites du stipes, représente manifestement une formation indépendante. Mon idée est que les lamelles ciliées doivent être considérées comme des expansions des lacinias. En avant, le revêtement cilié se prolonge par deux houppes de poils fins qui embrassent les parties basales des galéas et renforcent les brosses labiales de part et d'autre.

Ces données étant acquises, le rôle des sillons concentriques (limités par les poils sériés) peut être expliqué d'une manière assez plausible. Plongeant dans le bouillon nutritif au moment où l'appareil maxillo-labial a été porté en propulsion, les houppes qui proéminent des deux côtés du labium s'imbiberaient de ce liquide par l'action de la capillarité. Les sillons qui commencent au niveau des houppes et aboutissent d'autre part à la gouttière labiale auraient pour mission de diriger le liquide absorbé et de le déverser dans la gouttière.

Il ressort de la description qui précède que les pièces buccales de la larve de *Luciola* sont à peu près semblables à celles des larves des *Lampyris* et des *Phausis* ; la disposition des canaux mandibulaires est identique dans ces trois genres. Il y a cependant quelques différences, parmi lesquelles je puis citer :

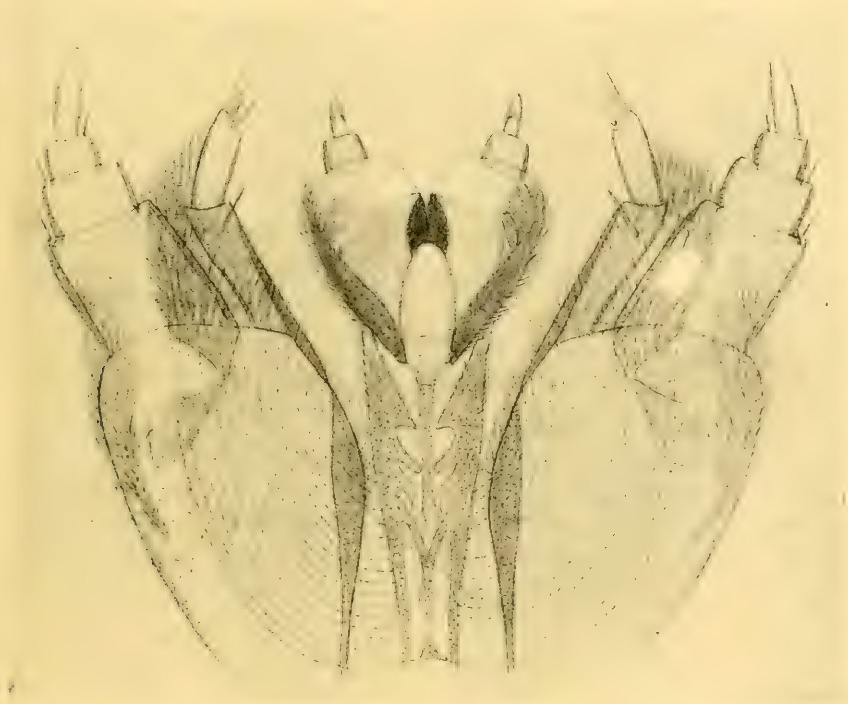


Fig. 14. — *Luciola lusitanica*, larve de 12 millimètres. Portion de l'appareil maxillo-labial traitée par la potasse caustique. Vue dorsale. Préparation au baume. × 138. (Bugnion.)

1° L'absence d'une apophyse sur le bord interne des mandibules (1) ;

2° La différenciation moins parfaite des canalicules qui se trouvent à la face inférieure du labre ;

3° L'atrophie de l'organe velu désigné sous le nom de *langue* ou encore sous le nom impropre d'*hypopharynx* ;

4° Le remplacement des brosses mobiles (houppes) obser-

(1) Cette apophyse, acérée chez la larve du *Lampyris noctiluca*, est représentée chez celle du *Phausis Delarouzeei* par une protubérance arrondie.

vées chez la larve de *Phausis Delarouzeei*) par des paraglosses adhérentes au labium ;

5º La présence à la face dorsale de la plaque maxillo-labiale de deux expansions garnies de poils sériés.

Il me reste, pour terminer l'étude de la tête, à présenter un croquis (fig. 15) qui montre les antennes retirées dans leurs gaines.

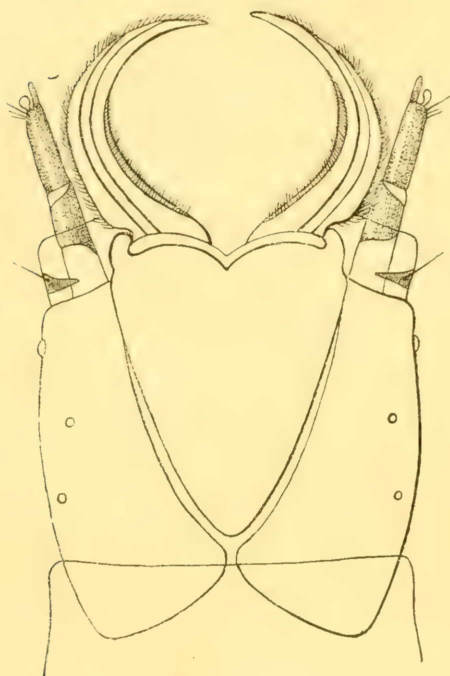


Fig. 15. — *Luciola lusitanica.* Tête de la larve avec les antennes retirées dans leurs gaines. Vue dorsale. Préparation au baume. × 45. (P.)

J'ai dit ci-dessus que les antennes sont rétractiles. Cette disposition, propre aux larves des Lampyrides, est sans doute en rapport avec les habitudes de ces Insectes. Il est clair, en effet, qu'en l'absence d'une structure appropriée aux habitudes de la larve, les antennes courraient le risque d'être lésées au moment où la tête s'enfonce dans la chair de l'Escargot et est occupée à la fouiller.

Composée de deux articles de couleur foncée, l'antenne est portée par une tige membraneuse désignée sous le nom de *socle* (fig. 5, 9). C'est cette tige blanchâtre pourvue d'un muscle rétracteur qui, en se repliant sur elle-même à la manière d'un doigt de gant, est spécialement destinée à effectuer la rétraction. Des antennes munies d'un muscle rétracteur ont été observées également chez la larve du *Lampyris* et chez celle du *Phausis.*

Les *téguments* de la larve portent de petites saillies coniques écartées les unes des autres, disposées sans ordre, surmontées chacune d'un poil rigide légèrement incliné et incurvé. Dans

les intervalles de ces saillies se trouvent des aspérités très petites et très serrées, visibles seulement au microscope.

Les logettes sous-cutanées (quadrilatères sur la coupe verticale) décrites par Wielowiejsky (1882), par Henneguy (1904) et par Vogel (1915) chez la larve du Lampyre noctiluque, sont entièrement absentes chez *Luciola* et chez *Phausis*.

Observée sur une coupe, la peau de notre larve montre : 1° une première lame cuticulaire pigmentée (brun foncé) relativement mince ; 2° une deuxième lame cuticulaire incolore, mince elle aussi, soudée à la face profonde de la première, se colorant en rose dans l'hémalun-éosine ; 3° une troisième lame ordinairement plus épaisse (séparée des précédentes par une fente) colorée en gris rosé ; 4° une assise de cellules plates (épiderme) jouant le rôle de matrix.

Papilles anales. — Les larves des Lampyrides ont, au bout du corps, une touffe de papilles qui, garnies de petits crocs, constituent tout à la fois un appareil de nettoyage et un appareil de fixation.

C'est notamment lorsque la larve souillée de mucus quitte l'Escargot dont elle a fait son aliment que, repliant son abdomen, elle écure sa peau au moyen de ses papilles.

Décrites par Targioni Tozzetti (1866) sur la larve du Lampyre noctiluque, les papilles anales ont chez la larve de la Luciole une disposition presque identique. Il y a cependant quelques différences. Tandis que, chez *Lampyris*, les papilles se multiplient par divisions successives, à ce point qu'il devient difficile de les compter, ces mêmes organes ont chez *Luciola*, pendant toute la phase larvaire, une disposition beaucoup plus simple.

Cette disposition; qu'on pourrait appeler *typique* [elle se rapproche en effet de celle qu'on observe au moment de la naissance chez *Lampyris* et chez *Phausis* (1)], est représentée figure 4. Les papilles sont, comme on voit, superposées en deux

(1) Observées chez le nouveau-né, les papilles de *Lampyris Bellieri* présentent un étage ventral formé de quatre papilles bifurquées et un étage dorsal formé de huit papilles bifurquées elles aussi. Chez *Phausis Delarouzei* (nouveau-né), il y a un étage ventral de quatre papilles courtes, légèrement bifurquées et un étage dorsal de quatre papilles plus longues bifurquées ou trifurquées. (Voir Bugnion, 1921, *b*.)

étages. Il y a un étage ventral formé de quatre papilles simples et un étage dorsal formé de quatre papilles bifurquées ou, si l'on préfère, composé de huit papilles. On constate encore que les papilles ventrales sont plus courtes que les dorsales.

Les crocs (rangés en séries transverses) qui garnissent la surface des papilles sont chez *Luciola* très acérés et très serrés, plus nombreux, dans chaque rang, que chez *Lampyris* et chez *Phansis*.

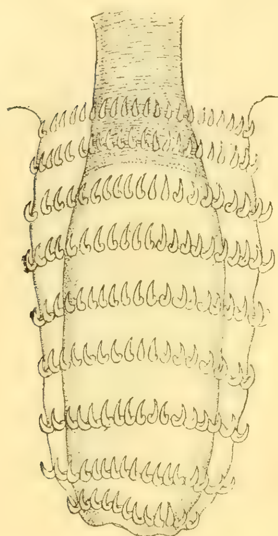


Fig. 16. — *Luciola lusitanica* larve. Dessin schématique d'une papille anale partiellement évaginée. × 225.

Le croquis dessiné figure 16 peut servir à expliquer le mécanisme de ces papilles. On voit au haut de la figure la fibre musculaire striée destinée à retirer la papille et, entre la partie externe et la partie invaginée, la fente remplie de sang qui, s'ouvrant dans la cavité de l'abdomen, permet à la pression sanguine d'évaginer la membrane garnie de crocs.

Étude des viscères. — Cette étude a été faite sur des larves recueillies à Menton par M. Poutiers, reçues vivantes à Aix en Provence.

Dissection d'une larve de 15 millimètres (14 avril 1921). L'incision des téguments donne issue à plusieurs boules graisseuses qui (plus lourdes que l'eau salée) coulent dans le fond de la cuvette. Le *corps graisseux* est formé, chez les larves de Lampyrides, de milliers de petites boules blanches (parfois jaunâtres ou légèrement teintées de rose) qui, indépendantes les unes des autres et faiblement adhérentes, se détachent aisément.

Ces boules, pluricellulaires, mesurant en moyenne $0^{mm},10$—$0^{mm},02$, sont (sauf dans quelques régions) supportées par des membranes très délicates et disposées sur une assise. Il y a une première lame graisseuse étalée à la face profonde des tergites (renfermant dans un dédoublement le vaisseau dorsal et les cellules péricardiques, de couleur brunâtre). Une deuxième lame plus épaisse que la première, facile à séparer de

celle-ci, se replie autour du tube digestif, des pelotons malpighiens et des corps lobulés. Une troisième, formée de boules plus petites, tapisse la cavité du corps au niveau de la chaîne des ganglions.

Difficiles à observer chez les larves de Lucioles (à cause de leur petite taille), ces trois nappes graisseuses sont plus faciles à démontrer chez celles du Lampyre noctiluque et surtout chez les grosses larves du Lampyre algérien (*Pelania mauritanica*). Retenues seulement par les rameaux trachéens, les deux premières nappes se détachent à peu près d'elles-mêmes, lorsqu'on dissèque. Les grains de la troisième, bien que légèrement adhérents au fond de la cavité du corps, peuvent être (si par exemple on se propose d'isoler les trachées) détachés un à un, à l'aide d'un pinceau très fin, et rejetés dans la cuvette.

Dans certaines régions du corps (capsule du cerveau, zone corticale des organes lobulés), les cellules graisseuses offrent, au lieu de globes indépendants, des amas compacts formés de cellules polyédriques disposées sans ordre, simplement accolées les unes aux autres.

Des coupes, pratiquées sur des nouveau-nés de *Lampyris Bellieri* Reiche, ont montré que le tissu adipeux se compose tout d'abord de cellules isolées, de formes diverses, éparses dans la cavité du corps. Ces cellules donnent lieu plus tard, en suite de divisions multiples, à de petites boules très régulières, montrant sur la coupe plusieurs cellules juxtaposées (au nombre de 6 à 10 environ). Ces éléments, irrégulièrement polyédriques, montrent, sur les préparations traitées par l'hémalun-éosine, un noyau violet (entouré d'une zone légèrement violacée) et un cytoplasme rose, à cause des granulations éosinophiles qui s'y forment en grand nombre dans le cours des premiers mois.

Le *tube digestif* (fig. 17) comprend, en sus du pharynx :

1° Un œsophage long et étroit (flexueux, lorsque la tête est retirée dans le prothorax) ;

2° Un gésier de forme ovoïde, long de $0^{mm},7$, à parois très musculeuses, montrant de belles fibres spiroïdes à sa surface ;

3° Un estomac jaunâtre, replié sur lui-même dans sa partie postérieure, offrant immédiatement en arrière du gésier deux diverticules à direction transverse (1) et, dans le reste de sa paroi, plusieurs boursouflures irrégulières séparées par des étranglements bien accusés. La longueur de l'estomac est,

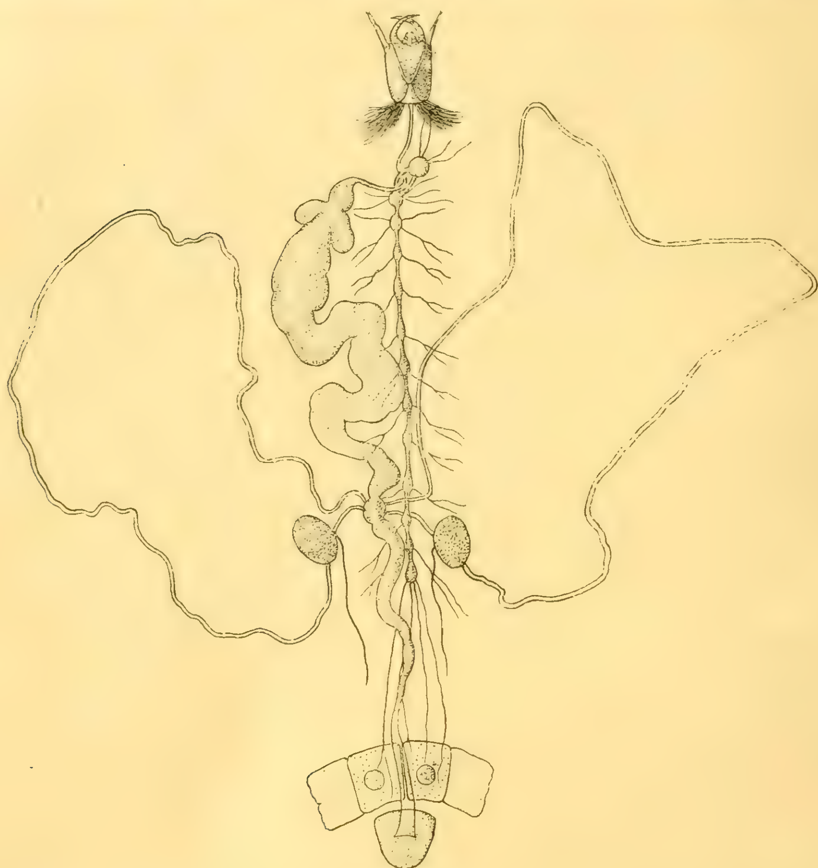


Fig. 17. — *Luciola lusitanica*, larve de 15 millimètres. Le tube digestif préparé dans l'eau salée, avec les anses malpighiennes, les corps lobulés et la chaîne ganglionnaire. × 9. — Les deux boules blanchâtres accolées au segment pénultième sont les organes lumineux larvaires. (P.)

chez la larve mûre, d'environ 6 millimètres, [de 9, si l'on suppose ce viscère redressé et étendu] ;

4° Un intestin, long de 8 millimètres, formant, en arrière de

(1) Ces diverticules, propres aux larves des Lucioles, ne se montrent pas chez celles des Lampyres et des Phausis.

l'estomac, un petit renflement sur lequel les cordons malpighiens sont insérés.

La longueur du tube digestif déroulé (chez la larve de 15 millimètres) peut être évaluée à 20 millimètres.

Les cordons malpighiens, de couleur blanchâtre, sont, comme chez les Lampyrides en général, disposés en forme d'anses. Ces anses, entièrement déroulées sur le porte-objet, mesuraient chez mon sujet : la droite (obtenue sans rupture) 25 millimètres ; la gauche (deux tronçons), 26.

La paroi du gésier (fig. 18) est composée de trois assises, l'externe formée de fibres spirales, beaucoup plus épaisse que les deux autres ; la moyenne, très mince, formée de fibres annulaires ; l'interne formée de fibres longitudinales disposées en quatre colonnes, proéminentes à l'intérieur. Une structure analogue s'observe chez les larves des *Lampyris* et des *Phausis*.



Fig. 18. — *Luciola lusitanica.* Coupe transversale du gésier de la larve. Préparation au baume. × 131. (P.)

Observée sur une coupe transversale (fig. 19), la paroi de l'estomac présente de nombreux plis formés par la cuticule, montrant à l'intérieur des éléments fibrillaires appartenant au chorion. Insérées sur ces plis, les cellules épithéliales offrent deux formes différentes, suivant qu'elles se trouvent sur les parties convexes ou dans les intervalles de celles-ci. Les cellules qui tapissent les parties convexes ont une extrémité renflée en forme de massue, proéminant dans le lumen, et un pied rétréci, servant à l'insertion de la cellule. Le noyau, ovale ou arrondi, se trouve à la jonction des deux parties. Les cellules qui tapissent les intervalles sont, à l'opposé des précédentes, simplement ovalaires, arrondies ou polyé-

driques. On constate, au surplus, au voisinage de la cuticule, des cellules plus petites, vraisemblablement destinées à remplacer les éléments glandulaires au fur et à mesure de leur usure. A la surface de l'estomac, se voient des rameaux trachéens et des fibres longitudinales assez distantes.

Comparable à la structure observée chez l'Abeille et le Bourdon, la disposition plissée qui caractérise l'estomac des Lampyrides est manifestement destinée à augmenter la sur-

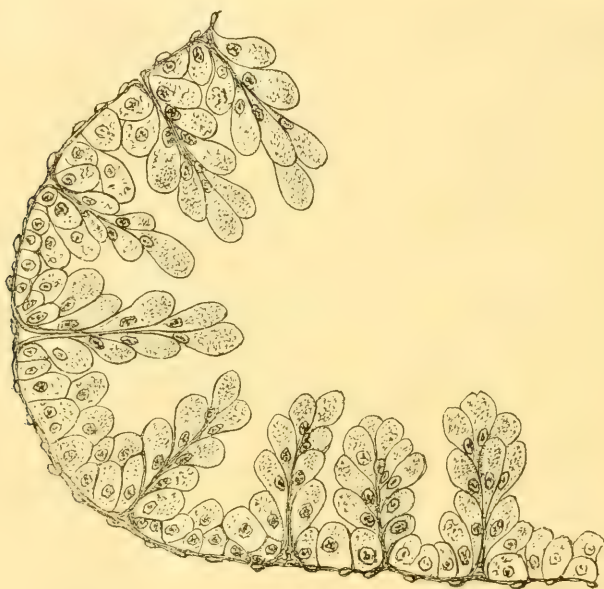


Fig. 19. — *Luciola lusitanica.* Larve de 14 millimètres. Coupe transversale de l'estomac. Liqueur de Bouin alc. Hémalun-éosine. Préparation au baume. × 135. (P.)

face de sécrétion. Il est à ce propos intéressant de rappeler que le liquide brunâtre destiné à intoxiquer les Escargots est précisément sécrété par l'épithélium stomacal. Aussi est-ce dans la phase larvaire que cet épithélium atteint sa différenciation la plus parfaite.

Chez l'adulte, en revanche, les parois de l'estomac sont amincies, et l'estomac lui-même plus ou moins rempli de bulles d'air (1).

(1) Observées notamment dans le sexe mâle, ces bulles d'air contribuent à alléger le poids du corps en vue du vol.

L'intestin, beaucoup plus étroit que l'estomac, présente une structure plus simple. Il faut noter cependant la présence de fibres annulaires assez puissantes qui, en se contractant, donnent lieu à une série de bourrelets séparés par des étranglements. L'épithélium est formé de cellules cubiques disposées sur une assise. La région qui avoisine les embouchures des anses malpighiennes offre des cellules plus étroites et plus serrées (passant au type cylindrique).

Le *système nerveux* (fig. 17) comprend, en sus du cerveau et du centre sous-œsophagien, une chaîne de onze ganglions, comme chez les Lampyrides en général.

Le cerveau, de forme arrondie, se trouve, en même temps que le centre sous-œsophagien, en arrière de la capsule céphalique, au niveau du pronotum.

Cette disposition curieuse, observée également chez les larves des *Lampyris* et des *Phausis*, s'explique vraisemblablement par la prépondérance de l'appareil de succion essentiellement constitué par le pharynx et par ses muscles. Les faisceaux du dilatateur supérieur du pharynx occupant toute l'étendue de la capsule cranienne comprise entre la région clypéale et le trou occipital, le cerveau a reculé pour faire place à ces faisceaux.

Formé de deux lobes largement soudés l'un à l'autre (sans sillon intermédiaire visible), le cerveau émet par son bord antérieur deux filets nerveux très longs, non ramifiés, destinés aux deux antennes.

Les connectifs, relativement épais, qui unissent le cerveau au centre sous-œsophagien limitent un espace triangulaire (anneau nerveux) dans lequel l'œsophage est engagé.

Les trois ganglions thoraciques se distinguent des ganglions abdominaux par leurs dimensions plus fortes et par les rameaux plus nombreux qui s'en détachent (comprenant entre autres les nerfs des pattes). Les ganglions abdominaux, relativement petits, sont fusiformes. Du dernier, de nouveau un peu plus gros (futur ganglion génital), se détachent quatre longues branches dirigées vers le bout du corps.

Le *système trachéen* (préparé d'une manière incomplète) m'a paru, à part la différence indiquée au sujet des stigmates, disposé comme celui du *Phausis Delarouzeei* (Voir Bugnion, 1920, *b*).

Les *organes lumineux larvaires* (fig. 17) sont deux petites boules blanchâtres, distinctes des boules graisseuses par leur diamètre un peu plus grand ($0^{mm},03$ au lieu de $0^{mm},01$-$0^{mm},02$) et par leur aspect plus diaphane (d'un blanc moins crémeux). Situés (comme ceux de la larve du Lampyre noctiluque) dans l'avant-dernier segment de l'abdomen, on les trouve, en disséquant, à l'intérieur de deux petites logettes situées latéralement, plus rapprochées du côté ventral que du dorsal.

Ébauches testiculaires. — La larve de 15 millimètres, disséquée le 14 avril (fig. 17), m'a montré, au milieu des pelotons malpighiens, deux de ces *corps lobulés* de forme oblongue qui (observés également chez des larves de *Lampyris*, de *Pelania* et de *Phausis*) représentent vraisemblablement des ébauches testiculaires.

Placés des deux côtés du segment postérieur (rétréci) de l'estomac, les corps lobulés sont constitués par deux substances : la substance corticale et les lobules (fig. 20).

Formée de cellules polyédriques bourrées de grains éosinophiles (constituant une variété des cellules graisseuses), la substance corticale est, chez *Luciola*, simplement étalée à la surface. Les lobules, au nombre de vingt-cinq à trente, offrent un bout arrondi placé près de la surface et une extrémité conique qui s'ouvre à l'intérieur dans une fente de sécrétion. Un canal excréteur très délié, dirigé vers le bout du corps, se dégage de cette fente.

Coloré en violet par l'hémalun, le tissu des lobules se présente, chez les larves jeunes, comme une sorte de syncytium semé de nombreux noyaux.

Au niveau de la partie conique se voient des noyaux allongés à direction transverse, appartenant vraisemblablement à la capsule. On remarque, d'autre part, chez les larves

plus âgées, qu'au lieu de constituer un syncytium uniforme le tissu du lobule est divisé çà et là en masses arrondies ou ovalaires, semblables à des spermatogemmes en voie de division.

La fusion des deux ébauches larvaires en une masse unique (placée au côté dorsal du bout postérieur de l'estomac) a été observée chez une nymphe de *Phausis Delarouzeei*. C'est



Fig. 20. — *Luciola lusitanica*, larve. Coupe de deux lobules de l'un des corps lobulés × 175. — L'aspect de la coupe rappelle certaines phases de la spermatogenèse observées dans le genre *Phausis*. (Bugnion.)

également au cours de la phase nymphale que l'on voit, dans le sexe mâle, les corps lobulés se transformer en testicules.

Chez mon sujet (larve de Luciole mesurant 15 millimètres) la longueur des corps lobulés était assez exactement de 1 millimètre ; leur couleur était jaunâtre plutôt que rose (1).

Observés à un fort grossissement (Imm. 1/12 de Leitz), les divers lobules m'ont offert un aspect presque identique. Chacun d'eux montrait une partie uniforme colorée par l'hémalun

(1) Des corps lobulés d'une jolie teinte rose (couleur due à la présence de la capsule graisseuse) s'observent notamment chez les larves de *Pelania mauritanica*.

en lilas clair, essentiellement constituée par des noyaux cellulaires (noyaux de spermatogonies) et une partie semée de grains violets plus fortement colorés, répondant vraisemblablement à une phase de condensation des éléments nucléiniens.

Sur des coupes sériées empruntées à une larve un peu plus jeune (longue de 13 millimètres), les corps lobulés avaient avec leur capsule une longueur de $0^{mm},544$. Les lobules montraient de nombreux noyaux (noyés dans un cytoplasme presque invisible) ayant pris dans l'hémalun-éosine une teinte gris-lilas presque homogène. La capsule relativement épaisse, formée de cellules graisseuses chargées de grains éosinophiles, offrait dans l'une des ébauches une lacune en forme de croissant, remplie de lymphe coagulée.

Pour ce qui est de leurs affinités naturelles, les larves des Lampyrides semblent être apparentées surtout à celles des Cantharides (*Telephorus*), à celles des Élatérides et à celles de certains Carabiques.

Aix-en-Provence, le 2 janvier 1922.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1861. Candèze. — Métamorphoses de quelques Coléoptères exotiques, Liége (Larve de *Photuris congrua*).

1866. Targioni Tozzetti (A.). — Come sia fatto l'organo che fa lume nella Luccioa volante [(*Mem. soc. itat. Sc. nat.*, Milano ; — *Bull. soc. entom. ital.*, vol. II (1870)].

1882. Wielowiejski (H. von). — Studien über Lampyriden (*Zeitschr. f. wiss. Zool.*).

1884. Bourgeois (J.). — Faune gallo-rhénane, t. IV, Malacodermes, p. 87 (Larve de *Luciola lusitanica*).

1886. Meinert (F.). — Gjennem borede Kindbakke hos Lampyris og Drilus Laverne (*Entom. Tidskrift*, VII).

1904. Henneguy (F.). — Les Insectes, Paris.

1909. Fabre (J.-H.). — Le Ver luisant (*Revue des questions scientifiques*, Louvain). — *Les merveilles de l'instinct chez les Insectes*, Paris, 1913, p. 223.

1909. Planet (L.). — Notes à propos du *Phosphænus hemipterus* (*Le Naturaliste*, Paris, 31e année, p. 198).

1915. Geipel (E.). — Beiträge zur Anatomie der Leuchtorgane tropischer Käfer (*Zeitschr. f. wiss. Zool.*, Bd. CXII).

1915. Haddon (Kathleen). — On the methods of feeding and the mouthparts of the larva of the Glow-worm (*Lampyris noctiluca*) (*Proc. zool. Soc. London*).

1915. Vogel (R.). — Beiträge zur Kenntniss des Baues und der Lebensweise der Larve von *Lampyris noctiluca* (*Zeitschr. f. wiss. Zool*, Bd. CXII).

1920. *a.* Bugnion (E.). — Les pièces buccales de la Blatte (*Ann. des sc. nat.*, Paris, Zool., 10e série, III, p. 4).

1920. *b.* — *Les organes lumineux du Ver luisant provençal* (*Phausis Delarouzeei*). Vol. inaug. dédié à M. le professeur Zschokke, Bâle.

1921. *a.* Bugnion (E.). — La biologie de la Luciole (*Luciola lusitanica*) (*Revue d'Hist. nat. appliquée*, Paris, no 1, janvier).

1921. *b.* — Études relatives à l'anatomie et à l'embryologie des Lampyrides (*Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, t. LV).

LA MIGRATION REPRODUCTRICE ET LA PROTANDRIE

DE

L'ALOSE FEINTE

(*ALOSA FINTA* L.)

Par Louis ROULE

Je détache les notions suivantes d'une étude que je poursuis actuellement sur le développement, la croissance et la migration des Aloses dans les cours d'eau de notre pays. Elles portent sur *Alosa finta* L. du bassin de la Seine, et traitent de la croissance considérée dans ses rapports avec la migration et la reproduction. Les phases de cette croissance, à leur tour, y sont examinées d'après la structure des écailles.

Si ce sujet est nouveau pour *Alosa finta* L. quant à la série entière des phases, il ne l'est point pour la famille des Clupéidés, dont *Alosa* fait partie. Il a prêté, dans ces dernières années, à des recherches nombreuses, dont les principales ont été effectuées sur le Hareng (*Clupea harengus* L.). C'est en me basant sur elles que j'ai procédé aux miennes, et que j'en ai tiré mes conclusions. Je dois signaler toutefois que les lectures d'écailles, chez *Alosa*, sont rendues difficiles et parfois douteuses par l'état moins net des lignes d'hibernation et par la présence fréquente de fausses lignes. Il faut examiner plusieurs écailles d'un même individu, et plusieurs individus de mêmes dimensions pêchés en même temps, pour parvenir à une solution. Du reste, je traiterai cette question en détail dans mon étude définitive. Il suffit ici, pour le présent sujet, d'exposer les résultats que l'on peut estimer acceptables.

Ce mémoire est divisé en trois parties, qui se succèdent dans l'ordre suivant : spécification et habitat en migration des

Aloses de la Seine ; élaboration et maturation sexuelles d'*Alosa finta* L. ; âge et croissance des migrateurs des deux sexes.

I. — Spécification et habitat en migration des Aloses de la Seine.

A. — Actuellement, le bassin de la Seine n'est fréquenté par les Aloses que dans les parties basses du fleuve, en aval du barrage de Poses. La pêche de ces Poissons, à l'époque de leur montée, est pratiquée dans les quartiers de Rouen et d'Elbeuf. Sauf de rares exceptions, les Aloses capturées appartiennent à l'espèce nommée Feinte (*Alosa finta* L.).

On sait que les Aloses de notre pays appartiennent à deux espèces : l'Alose commune (*Alosa alosa* L.) et l'Alose feinte (*Alosa finta* L.), dont le mâle est plus particulièrement dit *Caluyau*, le nom *Feinte* s'adressant à la femelle. Les deux espèces diffèrent l'une de l'autre par des détails de leur organisation et de leur migration. L'Alose feinte ne parvient pas à de grandes dimensions et dépasse rarement 2 ou 3 livres en poids ; son écaillure est assez nette ; ses branchiospines sont peu nombreuses ; son entrée en rivière, tardive, ne s'effectue guère qu'en mai ; sa fraie a surtout lieu dans les parties basses du bassin hydrographique. L'Alose commune dépasse souvent 3 et 4 livres ; son écaillure est confuse ; ses branchiospines sont nombreuses ; son entrée en rivière, précoce, débute en février et mars ; sa fraie s'accomplit ordinairement dans les parties moyennes du bassin, et sensiblement en amont des parties basses.

Ces deux espèces appartiennent également à la catégorie des migrateurs potamotoques (anadromes des auteurs), qui effectuent leur vie de croissance dans les eaux marines, s'y alimentent et y grandissent, puis vont dans les fleuves pour pondre. Elles accomplissent alors leur migration de montée, durant laquelle elles cessent de s'alimenter et de croître. Leur estomac, pendant cette période, qui embrasse deux et trois mois, est souvent vide. Les individus subsistent aux dépens des matériaux de réserve accumulés dans leur

chair, et maigrissent à mesure que leur séjour en eau douce se prolonge.

L'élaboration sexuelle nécessite plusieurs semaines. La fraie, pour les deux espèces, a principalement lieu du milieu de mai à la fin du mois de juin. Les œufs, petits, mesurant à leur maturité $1^{mm},2$ à $1^{mm},5$ de diamètre, sont pondus en quantité considérable, qui dépasse parfois une centaine de mille par femelle. Non cohérents et libres, ces œufs, la ponte accomplie, augmentent en dimensions par suite de l'épaississement de leur chorion après hydratation. Plus lourds que l'eau douce, ils tombent au fond et exigent, pour se développer, une eau renouvelée dont la température serait supérieure à 15° ou 16° C. L'incubation, de durée variable selon la température de l'eau, prend en moyenne quatre à cinq jours. Les alevins, capables de nager dès l'éclosion, ont une période vésiculée fort courte et se déplacent dans l'eau pour happer leur nourriture.

Actuellement, les Aloses feintes, dans la Seine, sont les seules à effectuer avec régularité une migration de montée en quantité suffisante pour donner lieu à une pêche lucrative. Leur apparition se fait ordinairement vers la fin de la première quinzaine de mai. La montée se borne aux quartiers de Rouen et d'Elbeuf ; elle s'arrête, d'habitude, devant le barrage à aiguilles de Martot. Elle ne le dépasse que rarement, dans le cas des fortes crues qui nécessitent l'enlèvement des aiguilles ; elle pénètre alors dans la région de Pont-de-l'Arche, pour s'arrêter de façon complète devant le barrage à rideaux de Poses, infranchissable aux migrateurs. La pêche a ordinairement lieu pendant la nuit; elle se fait, en bateau, au moyen d'un grand trouble à manche nommé pluchette. Sa principale époque se place du milieu de mai à la fin de juin ; plus tôt, les Feintes manquent encore, ou sont trop peu nombreuses ; plus tard, leur quantité diminue rapidement, et, la fraie étant accomplie (les Poissons étant vidés, selon l'expression des pêcheurs), leur chair a perdu de ses qualités. Pendant la saison, il n'est pas rare que chaque pêcheur n'en prenne journellement plusieurs centaines.

Par contre, les Aloses communes ne sont représentées que

par des individus isolés, fort rares, dont la capture est accidentelle. A cet égard, la Seine diffère nettement des autres grands fleuves du versant atlantique de notre pays, la Loire, la Garonne, l'Adour, où, non seulement les Aloses communes sont aussi fréquentes, sinon davantage, que les Aloses feintes, mais encore où les espaces parcourus par la montée sont plus étendus, donnant ainsi à la pêche des ressources plus considérables.

B. — Cette situation déficitaire n'existait pas autrefois, jusqu'à la fin du XIXe siècle. La Seine ressemblait alors aux autres grands fleuves précités, s'ouvrait à la fois aux Aloses communes comme aux Feintes, et livrait à leur montée un espace plus vaste qu'aujourd'hui.

Les Feintes, selon leur régime biologique particulier, étaient surtout abondantes entre l'embouchure et la région d'Elbeuf ; elles ne dépassaient pas trop cette dernière. Il n'en était pas de même pour les Aloses communes. Celles-ci remontaient la Seine fort loin en amont, et s'engageaient même dans plusieurs de ses affluents principaux. Elles franchissaient Paris et dépassaient Montereau ; elles pénétraient dans l'Oise jusqu'à son confluent avec l'Aisne, et dans l'Yonne jusqu'aux environs d'Auxerre. Cette montée était rendue possible par l'absence de barrages, ou par leur minime élévation, qui permettait aux eaux de les noyer comme aux migrateurs de passer. Jusqu'en 1852, la Seine est restée libre depuis son embouchure jusqu'à sa source. Les premiers barrages établis ensuite étaient du modèle à aiguilles et n'offraient que 1^m^,50 à 2 mètres de chute. Aussi pêchait-on des Aloses dans les parties moyennes du bassin de la Seine, et bien au-dessus de la région d'Elbeuf, où la pêche se limite aujourd'hui.

La région d'Elbeuf et celle de Rouen avaient alors, outre le peuplement migrateur d'Aloses feintes qu'elles ont conservé, un peuplement supplémentaire d'Aloses communes qui les traversaient. Celles-ci, contrairement aux Feintes qui fraient dans les parties basses du fleuve, allaient au delà pour pondre leurs œufs ; leurs frayères étaient placées plus en amont, et c'est vers elles qu'elles se rendaient. Il en résultait, à cette époque, que non seulement la pêche des Aloses ne se

bornait point aux quartiers de Rouen et d'Elbeuf, mais encore que ces quartiers fournissaient, en sus des Feintes, de nombreuses Aloses communes, et que la pêche de ces dernières, étant plus lucrative, était aussi plus suivie. Cet état ancien différait grandement de celui d'aujourd'hui, où les Feintes sont les seules Aloses pêchées. Ce dernier est déficitaire par rapport au précédent, car les Aloses communes, plus grosses et de meilleure vente, font défaut ; alors que les Feintes, plus petites et de prix moins élevé, n'ont pas augmenté en nombre, et paraissent être restées, malgré quelques variations en plus ou en moins d'une année à l'autre, sensiblement stationnaires comme quantité.

Aucune observation particulière sur la montée n'ayant été faite jusqu'aux années 1885 et 1886, il est probable que l'état ancien s'est maintenu jusqu'alors, sans donner lieu à remarque. Un fléchissement dans la production de la pêche des Aloses communes est ensuite signalé pour 1887 par les Services administratifs ; mais le rendement habituel se retrouve en 1888. Une diminution nouvelle se montre en 1889 ; depuis cette date, elle est allée en s'aggravant, avec quelques variations annuelles de plus ou de moins, jusqu'à la disparition de l'espèce, qui s'est affirmée entre 1905 et 1910. La chute principale de la courbe paraît s'être faite dans un laps de temps assez court, entre 1895 et 1902. Elle n'a frappé que les Aloses communes ; elle n'a point atteint les Aloses feintes, demeurées stationnaires, et même devenues plus nombreuses entre 1890 et 1900 à la faveur d'une circonstance spéciale.

Cette dernière n'est autre que la création par M. Pierre J.-B. Vincent, auprès du barrage de Martot, sur le territoire de la commune de Saint-Pierre-lès-Elbeuf, d'un établissement de pisciculture destiné à la fécondation artificielle des Aloses, à l'incubation des œufs fécondés, et à l'immersion des alevins éclos, selon les procédés usités aux États-Unis. L'installation de l'Établissement et la méthode suivie ont été décrites par le fondateur dans une brochure publiée en 1895 (*Notes sur l'Alose*, par Pierre-J.-B. Vincent, Paris, chez L. Baudion). M. Vincent opérait sur les Aloses communes et les Feintes ; comme les premières commençaient à diminuer

en nombre, il obtint l'autorisation d'effectuer des pêches exceptionnelles dans le bief compris entre Martot et Poses, et en usa de 1887 à 1893. Il immergea chaque année plusieurs millions d'alevins, quatre en 1889, cinq en 1890, etc. Grâce à ces immersions, les Feintes augmentèrent en nombre, et la diminution des Aloses communes se trouva amoindrie. Mais l'établissement cessa de fonctionner à dater de 1893 (1) ; les immersions furent suspendues ; et, dans les années suivantes, la diminution recommença pour aboutir à la disparition. Si, malgré son fléchissement progressif, le nombre des Aloses communes demeure encore assez élevé jusqu'à 1901 et 1902, il baisse ensuite de façon telle que, depuis 1909, la pêche de cette espèce peut être considérée comme nulle, la quantité des individus capturés annuellement n'atteignant pas une dizaine.

Les trois faits principaux à noter dans ce changement de régime sont les suivants : la diminution progressive frappe les seules Aloses communes, et non pas les Feintes ; elle débute vers l'année 1887, et d'une manière assez forte pour retenir l'attention ; enfin elle aboutit rapidement, en peu d'années, à la disparition presque complète de l'espèce, après une atténuation temporaire due aux immersions d'alevins.

C. — Les praticiens considèrent, dans les quartiers de Rouen et d'Elbeuf, que les causes de cette disparition doivent être recherchées surtout dans l'abus de l'exercice de la pêche. Autrefois, la pêche aux Aloses avait lieu le jour et devait s'arrêter à un kilomètre en aval du barrage de Martot ; cette réglementation ayant été supprimée, et la pêche pouvant se pratiquer de jour et de nuit, jusqu'au barrage lui-même, où les migrateurs arrêtés dans leur montée s'accumulent en grand nombre, il aurait pu en résulter une diminution progressive. On incrimine aussi les pêches exceptionnelles effectuées entre Martot et Poses, de 1887 à 1893, pour les fécondations artificielles de l'Établissement Vincent. Enfin on attribue une certaine importance au fait que l'on pêchait autrefois les alevins d'Aloses, pendant les basses eaux de l'été, pour les livrer à la consommation, et la destruction de ce

(1) Il a été démoli en 1900.

menu fretin a semblé mériter d'être prise en considération.

Pourtant, ces diverses causes, tout en possédant quelque valeur, ne sauraient avoir la portée qu'on leur attribue. Il faut remarquer, en effet, qu'elles s'appliqueraient tout aussi bien aux Aloses communes qu'aux Feintes ; or celles-ci n'ont pas été touchées par elles, alors que les premières seules ont diminué jusqu'à disparaître. Si ces causes étaient réelles, elles auraient agi également, ou peu différemment, sur les deux espèces. Puisqu'il n'en est pas ainsi, puisque les Aloses communes ont seules été intéressées, il faut que la cause efficiente de la disparition soit propre à celles-ci.

Cette cause doit être cherchée dans la situation des barrages de Martot et de Poses, surtout de ce dernier, par rapport aux régions de ponte des deux espèces d'Aloses. Comme il est dit plus haut, ces régions ne sont point les mêmes et ne se correspondent pas. En ce qui concerne la Seine, les lieux de fraie des Aloses Feintes sont situés en aval de ces barrages, dans l'espace compris entre Rouen et Martot, où l'accès du fleuve est entièrement libre ; aussi la montée des migrateurs de cette espèce n'a-t-elle jamais subi aucune retenue du fait des ouvrages construits pour les besoins de la navigation. Il n'en est plus de même pour les Aloses communes, dont les lieux de ponte étaient situés en amont de la région où le barrage de Poses, infranchissable aux migrateurs, a été édifié. La montée, même dans le cas accidentel où elle peut dépasser Martot, s'arrête au pied de l'ouvrage de Poses et ne le franchit pas. Les reproducteurs, par suite, ne peuvent accéder aux lieux favorables à leur fraie ainsi qu'au développement de leurs alevins, et ne remplissent point leur fonction de propagation de l'espèce.

La construction du barrage de Poses a pris plusieurs années avant la mise en service, qui date de 1887. Or, c'est précisément à cette époque que la diminution du rendement de la pêche de l'Alose commune a retenu l'attention, et c'est à partir de cette date que la diminution est allée en s'accentuant jusqu'à la disparition, malgré l'atténuation temporaire due aux immersions Vincent.

La concordance dans le temps est complète. Quant aux

très rares individus d'Alose commune pris accidentellement en Seine aujourd'hui, il convient de les considérer comme erratiques et dévoyés de leur course normale depuis les eaux marines où elles ont accompli leur vie de croissance, après être nées dans un autre bassin fluvial tributaire de la Manche et de l'Océan.

II. — Élaboration et maturation sexuelles.

A. — Les Aloses feintes, en l'année 1920, qui fut celle où j'ai effectué mes observations sur place, ont commencé à se montrer, dans la région de Rouen, à la date du 10 mai, marquant ainsi une avance sensible sur l'année 1919, où la montée n'a débuté qu'à la fin de mai et au début de juin. Elles sont devenues rapidement nombreuses, ont apparu dès le lendemain dans la région d'Elbeuf et ont pu prêter de suite à des pêches abondantes.

Comme il en est d'habitude, les mâles ont prédominé fortement parmi les premiers individus arrivés. Ainsi, dans la nuit du 15 au 16 mai, un pêcheur du quartier d'Elbeuf a pris seulement 3 femelles pour un peu plus de 400 mâles ou Caluyaux. Cette disproportion s'est atténuée ensuite ; au milieu de juin, époque de la ponte, la quantité des mâles, dans les pêches, était à peine double et triple de celle des femelles.

Les Feintes fraient en Seine dans toute l'étendue des quartiers de Rouen et d'Elbeuf. Elles ne paraissent pas avoir de préférences marquées pour certaines localités attitrées et se bornent à rechercher, dans cette région fluviale presque uniforme et de courant ralenti, les zones les moins impures sur des fonds envasés. Elles pondent par bandes en pleine eau, pendant la nuit, d'ordinaire entre dix heures du soir et deux heures du matin. La fraie, en 1920, a débuté dans les derniers jours de mai ; elle s'est prolongée pendant tout le mois de juin et s'est terminée au commencement de juillet, sauf pour quelques retardataires, dont le nombre a rapidement diminué. Les œufs pondus, plus lourds que l'eau douce, tombent au fond et subissent leur incubation sous le courant

qui passe au-dessus d'eux. Quant aux reproducteurs, ils retournent à la mer en s'aidant du courant ; aucune observation ne permet de présumer qu'ils périssent en grand nombre à la suite immédiate de la fraie, malgré l'état de déchéance physiologique où ils se trouvent à ce moment.

La courbe des températures de l'eau pendant cette période montre la concordance des diverses péripéties de la montée avec les degrés thermiques des eaux ambiantes (températures prises de semaine en semaine, avec le même thermomètre, à 3 heures de l'après-midi). La courbe va du début d'avril au milieu de juillet. Elle suit avec constance une marche ascendante, sauf quelques fléchissements à la fin d'avril, au milieu de mai, et au premier tiers de juin, qui furent des époques relativement froides. Au commencement (début d'avril), la température de l'eau, en basse Seine, est comprise entre 10° et 11°. A l'époque de la première apparition des Aloses, elle est parvenue à 15° et commence à dépasser ce terme. La fraie débute lorsque les eaux atteignent 19° ; le fléchissement de juin, qui les fait descendre à 18°, n'arrête pas la ponte ni la fécondation. Celles-ci continuent jusqu'au début de juillet ; la température parvient alors à 22°, pour se maintenir ensuite à cette hauteur, ou dans son voisinage.

Ces constatations s'accordent avec les résultats obtenus par M. Vincent et par les ichtyologistes des États-Unis (dans le cas spécial de l'espèce américaine *Alosa sapidissima*), quant aux relations de la ponte des Aloses avec la température de l'eau.

Un dernier point mérite d'être noté : celui de la brièveté de la migration. La plupart des individus apparaissent en rivière, portent à maturité leurs glandes sexuelles et se reproduisent, dans le délai d'un mois et demi, de deux mois au plus. Une telle brièveté établit un contraste fort net avec ce qui est des autres Clupéidés saisonniers strictement marins, comme l'Anchois, la Sardine, le Hareng, dont la période de fraie est plus longue.

B. — La maturation sexuelle et la fraie permettent de faire deux observations. La première tient à ce fait que tous les migrateurs qui montent en eau douce, quelles que soient leurs différences de dimensions, sont également pourvus, dans

les deux sexes, de glandes reproductrices en voie d'élaboration. La reproduction est le complément constant de la migration. Tout migrateur est un reproducteur.

La deuxième concerne l'état de l'élaboration sexuelle. Celle-ci est déjà avancée à l'époque de l'entrée en rivière. L'élaboration première chez les Aloses doit s'accomplir en mer. La pénétration en eau douce a lieu lorsque les glandes sexuelles sont déjà volumineuses. Il n'existe, par conséquent, en ce qui concerne l'état des organes de la reproduction, que deux phases en eau douce : d'abord achèvement de l'élaboration ; ensuite la maturation suivie de la fraie.

Les femelles pendant cette période finale de l'élaboration, portent des ovaires de teinte rouge orangé, assez claire et sensiblement uniforme. Le *rapport gonosomatique*, en désignant par ce terme le rapport du poids de la masse ovarienne à celui du poids total du corps entier de l'individu, égale 1/7 à 1/8, ce qui signifie que le poids des ovaires égale du septième au huitième du poids total du corps. Les ovules, cohérents, rendus polyédriques par leur tassement réciproque, sont de diamètres assez dissemblables, allant de $0^{mm},8$ à $1^{mm},2$.

Les testicules des individus mâles, à la phase correspondante, sont relativement plus petits que les ovaires. Le rapport gonosomatique, pour eux, ne parvient guère qu'à 1/13 et 1/14. Leur teinte est d'un rouge pâle uniforme, ou gris rosé.

Ces dispositions changent lorsque l'élaboration, en peu de semaines, aboutit à la maturation. Dans cette dernière phase, pendant laquelle s'effectue la fraie, les ovaires, richement vascularisés, prennent une teinte rouge foncé. Ils ont augmenté de volume et de poids de manière à donner au rapport gonosomatique une valeur voisine de 1/5. Les ovules sont dissociés, sphériques, mobiles, égaux pour la plupart, et mesurent $1^{mm},2$ à $1^{mm},5$ de diamètre.

Des modifications correspondantes s'accomplissent chez les individus mâles. Leurs testicules grossissent et donnent au rapport gonosomatique une valeur de 1/10, même de 1/8 En outre, à cette phase de leur maturation, le sperme qu'ils produisent acquiert ses caractères définitifs ; il se présente

comme un liquide visqueux, de teinte blanchâtre, qui forme des îlots irréguliers dans la masse testiculaire et se laisse discerner à la surface de cette dernière. La moindre pression sur la paroi abdominale fait alors s'écouler le sperme, tout comme un attouchement léger sur le corps des femelles mûres fait sortir les œufs.

Les mâles et les femelles n'expulsent pas la totalité de leurs produits et ne rejettent que ceux de ces derniers qui sont parvenus à maturité. Après la fraie, les glandes sexuelles, bien qu'ayant notablement perdu de leur volume et de leur poids, conservent encore des dimensions assez fortes. Les ovaires contiennent des ovules cohérents, semblables à ceux de la phase d'élaboration ; les testicules, devenus plus minces tout en gardant leur longueur, rappellent par l'aspect leur état de la phase correspondante. Il ne semble point toutefois qu'une nouvelle maturation, accompagnée d'une seconde fraie, soit encore capable de se manifester ultérieurement dans une même montée. Les individus, leur ponte accomplie, disparaissent bientôt et cessent de se tenir en eau douce.

III. — Age et croissance des migrateurs.

A. — Dans la mesure de ce que j'ai pu reconnaître, la montée reproductrice a lieu immédiatement après l'arrêt hivernal de la croissance. Les individus commencent leur élaboration sexuelle pendant cette période d'interruption ; puis, lorsque les circonstances deviennent propices, ils gagnent les eaux douces afin de l'achever et de frayer.

Une question supplémentaire se pose à ce propos, celle de savoir si les individus qui retournent aux eaux marines, après avoir pondu, sont capables de subir ensuite une nouvelle période de croissance et de recommencer à monter l'année d'après. La fraie normale ayant lieu en juin, et aussi la descente à la mer, les délais suffisent pour assurer la nouvelle croissance estivale. Mais, quant à établir objectivement la réalité de cette dernière, mes recherches sont encore insuffisantes. Il faudrait, pour cela, ou marquer des reproducteurs ayant frayé pour les retrouver ensuite, ou rechercher dans

certains détails de la structure des écailles les traces d'une migration antérieure. J'ai déjà quelques indications de ce dernier côté, mais encore insuffisantes, et que je compte compléter.

Quoi qu'il en soit, la donnée fondamentale sur la question de la croissance et de l'âge des Aloses est établie. Cette croissance a lieu en mer ; elle s'opère exclusivement pendant les quelques mois de la saison chaude ; elle s'interrompt en mer pendant la période hivernale, tout comme pendant le séjour en rivière pour la ponte. Partant, j'emploierai dans l'exposé suivant la méthode dont je me suis servi ailleurs pour le Saumon.

Je désignerai les étapes de la croissance d'après elles-mêmes, c'est-à-dire d'après le nombre des périodes estivales, ou des étés, pendant lesquels elles ont eu lieu, et non d'après celui des arrêts hivernaux. Il convient, en définitive, et comme pour le Saumon, d'attribuer deux âges aux individus : l'un *chronologique*, qui peut s'exprimer par années, et qui désigne seulement la quantité des périodes de douze mois écoulées depuis l'éclosion, qu'elles aient été occupées ou non à la croissance ; l'autre *épidosique*, qui s'exprime par étés, et qui donne le nombre exact des phases de croissance réelle offertes par l'individu.

Cette base étant établie, le premier fait à noter tient aux différences des migrateurs comme taille et comme âge, l'une étant la conséquence directe de l'autre, nulle distinction complémentaire ne pouvant être invoquée pour conclure à l'existence possible de races séparées. Malgré cette diversité, et comme il est déjà signalé plus haut, tous ces migrateurs sont des reproducteurs à titre égal ; ils interviennent ensemble dans les actes de la fécondation.

B. — L'exposé qui va suivre et les figures qui s'y rapportent sont destinés à montrer chez l'Alose Feinte, d'après les écailles, les états principaux et successifs de la croissance et de l'âge, dans la série entière des individus, des plus petits aux plus grands, que j'ai pu étudier. Toutes les écailles figurées ont été prélevées en une même région, sur le milieu du corps, au-dessus de la ligne latérale, et ont été photographiées à un

même grossissement pour permettre de suivre les progrès de la croissance.

La figure 1 est celle d'une écaille prise sur un individu mâle mesurant 232 millimètres de longueur totale et pesant 95 grammes. Cette écaille montre deux phases de croissance estivale, séparées par une ligne hivernale. L'âge épidosique de l'individu était de deux étés. Ce petit mâle, qui participait à la ponte de 1920, était éclos en 1918.

La figure 2 est celle d'une écaille appartenant à un individu mâle un peu moins fort que le précédent ; sa longueur totale égalait seulement 215 millimètres et son poids 90 grammes. Cette écaille montre deux phases estivales, et peut-être le début d'une troisième. Sans doute cet individu, avant de monter en rivière, avait-il commencé sa troisième phase de croissance. Quoi qu'il en soit, ses données d'âge diffèrent peu de celles du précédent.

La figure 3 se rapporte à l'écaille d'un individu mâle mesurant 275 millimètres de longueur totale et pesant 155 grammes. Cette écaille montre trois phases de croissance estivale, séparées par deux lignes hivernales. L'âge épidosique de l'individu était de trois étés, l'éclosion ayant eu lieu en 1917.

La figure 4 concerne également un individu mâle, mais plus fort, le plus gros de tous, mesurant 310 millimètres de longueur totale et pesant 260 grammes. Son écaille est plus large que les précédentes ; mais, malgré ces différences de dimensions, elle porte seulement trois phases estivales et deux lignes hivernales. Les conditions d'âge et d'éclosion ne diffèrent donc point de celles de l'individu précédent.

La figure 5 se rapporte à l'écaille du plus petit individu femelle que j'aie pu trouver. Il mesurait 358 millimètres de longueur totale et pesait 380 grammes. Son écaille montre trois périodes estivales, dont l'extérieure semble se dédoubler en deux bandes d'égale largeur. L'âge épidosique de l'individu serait donc de trois étés, l'éclosion ayant eu lieu en 1917.

La figure 6 est celle de l'écaille d'un individu femelle, mesurant 450 millimètres de longueur totale et pesant

565 grammes. On y voit l'indication de quatre phases estivales dont l'extérieure est étroite et partiellement dédoublée. L'âge épidosique serait ici de quatre étés, et l'éclosion aurait eu lieu en 1916.

La figure 7 se rapporte également à une femelle, plus courte que la précédente, car elle avait seulement 410 millimètres de longueur totale, mais pesait 590 grammes. Son écaillure montre cinq phases estivales, dont les deux extérieures sont partiellement confondues, comme si elles n'en formaient qu'une. L'âge épidosique serait donc de cinq étés, plaçant l'année de l'éclosion en 1915.

La figure 8, qui termine la série, concerne une Feinte femelle, prise dans la Loire près de Blois, et la plus grosse que j'ai pu avoir. Elle mesurait 485 millimètres de longueur totale et pesait 1 005 grammes. Pourtant, les caractéristiques essentielles de son écaille diffèrent peu de celles de la figure 7 ; elles montrent, en dehors des trois bandes internes nettement détachées, une large bande extérieure qui se subdivise irrégulièrement et partiellement en deux ou trois anneaux concentriques. On pourrait donc attribuer à cette femelle, pour ses écailles, cinq ou peut-être six bandes estivales. L'âge épidosique égalerait donc cinq ou six étés, l'éclosion ayant eu lieu en 1914 ou en 1915.

C. — Malgré la difficulté de ces études d'écailles sur l'Alose et leur interprétation parfois délicate, il est hors de conteste que les individus mâles sont ceux dont l'âge est le plus faible, et que les individus femelles sont ceux dont les écailles marquent un âge plus avancé, les différences de taille allant de pair avec cette opposition.

La capacité de reproduction commence chez les mâles après le deuxième été, pour atteindre son maximum après le troisième et disparaître ensuite. Celle des femelles débute après le troisième été, pour s'accentuer après le quatrième et le cinquième. Je n'ai point rencontré de mâles dépassant le troisième été, ni de femelles débutant avant cette date. L'opposition entre les deux sexualités est complète. La reproduction est nettement protandrique.

Un assez grand nombre d'autres espèces de Poissons offrent

aussi de la protandrie, en ce sens que la sexualité mâle est plus précoce que l'autre ; mais les choses s'égalisent ensuite, car les individus mâles continuent leur croissance et peuvent parvenir à des dimensions peu dissemblables de celles de femelles. La disposition est plus nette et plus catégorique chez *Alosa finta* ; non seulement les mâles sont plus précoces que les femelles, mais ils arrêtent leur croissance et disparaissent à l'âge même où les plus jeunes femelles commencent à pouvoir se reproduire. La protandrie s'affirme dans cette espèce, avec intensité, en opposant entre elles les deux sexualités.

CONCLUSIONS

I. — Des deux espèces européennes du genre *Alosa*, *A. finta* L. seule est assez abondante dans le bassin de la Basse-Seine; *A. alosa* L. ne se montre qu'accidentellement. Autrefois, avant la création des barrages, cette deuxième espèce était répandue à l'égal de l'autre.

II. — *Alosa finta* L. a commencé sa migration reproductrice en Seine, pendant l'année 1920, à la date du 10 mai, la température de l'eau du fleuve atteignant 15° et commençant à dépasser ce terme. La fraie a eu lieu de la fin de mai au début de juillet, la température de l'eau étant comprise entre 18° et 22° C. Tous les migrateurs de la montée sont des reproducteurs dont l'élaboration sexuelle a commencé en mer, pour s'achever en eau douce, et s'y terminer par la maturation et la fécondation. Les glandes sexuelles augmentent sensiblement de volume et de poids pendant le séjour en eau douce, tout en subissant les phases aboutissant à la maturation.

III. — Les migrateurs de la montée sont de tailles différentes, ces différences répondant à des différences d'âge, que l'étude des écailles permet de connaître. Les plus petits individus sont des mâles dont les écailles marquent habituellement deux et trois étés ; les plus gros sont des femelles dont les écailles marquent habituellement quatre et cinq étés, plus rarement trois. La reproduction est nettement protandrique ;

la capacité reproductrice débute chez les mâles après le deuxième été, pour atteindre son maximum après le troisième; celle des femelles débute après le troisième été pour s'accentuer après le quatrième et le cinquième.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

Toutes les figures sont des photographies directes de préparations d'écailles, faites à un grossissement uniforme de 1/4.

Fig. 1. — Écaille d'un mâle marquant deux étés ; 232 millimètres de longueur totale ; 95 grammes de poids.

Fig. 2. — Écaille d'un mâle marquant deux étés ; 215 millimètres delongueur totale ; 90 grammes de poids.

Fig. 3. — Écaille d'un mâle marquant trois étés ; 275 millimètres de longueur totale ; 155 grammes de poids.

Fig. 4. — Écaille du plus grand mâle observé, marquant aussi trois étés ; 310 millimètres de longueur totale ; 260 grammes de poids.

Fig. 5. — Écaille de la plus petite femelle observée, marquant au moins trois étés, et peut-être quatre ; 358 millimètres de longueur totale ; 380 grammes de poids.

Fig. 6. — Écaille d'une femelle marquant quatre étés ; 450 millimètres de longueur totale ; 565 grammes de poids.

Fig. 7. — Écaille d'une femelle marquant cinq étés ; 410 millimètres de longueur totale ; 590 grammes de poids.

Fig. 8. — Écaille de la plus grosse femelle observée, marquant cinq ou peut-être six étés ; 485 millimètres de longueur totale ; 1 005 grammes de poids.

SUR

"MESOGLICOLA DELAGEI" QUIDOR

ET SON HÔTE

Par A. QUIDOR

Cette étude a été faite au laboratoire de Roscoff, en 1906 et en 1910. Elle fut continuée à la Sorbonne, au laboratoire du professeur Yves Delage. Sa publication est tardive, parce qu'elle devait être complétée par de nouvelles recherches et que celles-ci n'ont pu être faites.

Nous nous proposons simplement de préciser par quelques dessins la description que nous avons donnée du parasite (*C. R.*, 22 octobre 1906) et de faire connaître ce que nous savons de sa biologie.

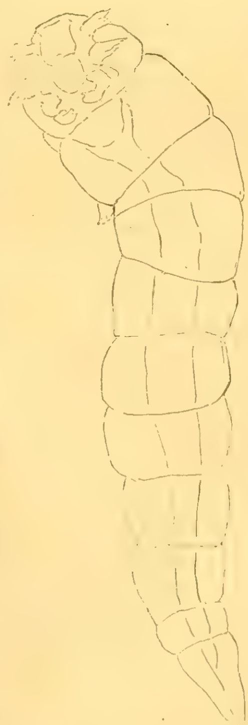


Fig. 1. — *Mesoglicola Delagei*. Face ventrale.

Mesoglicola Delagei (fig. 1) vit dans la mésoglée du *Corynactis viridis*, petite Anémone de couleur rouge, assez commune à Roscoff (Roches Duon). L'adulte mesure de 6 à 7 millimètres de longueur. Son corps, allongé et cylindrique, présente une région antérieure, nettement distincte, qui porte les seuls appendices de l'animal. La région postérieure, beaucoup plus développée, correspond sans doute au thorax et à l'abdomen. Elle est divisée en dix anneaux par de légers sillons superficiels. L'anneau caudal est sensiblement conique.

La région céphalique (fig. 2) est terminée par un rostre (R) bilobé, recourbé sur la face ventrale. Elle présente, en outre, deux replis latéraux, légèrement incurvés et placés entre les antennes antérieures (A^1) et les antennes postérieures (A^2). Ces appendices sont coudés, terminés par des griffes aiguës et sont animés de mouvements alternatifs et lents qui les projettent sur le côté et leur permettent d'assurer le déplacement de l'animal. La face ventrale porte, au-dessous du rostre, entre

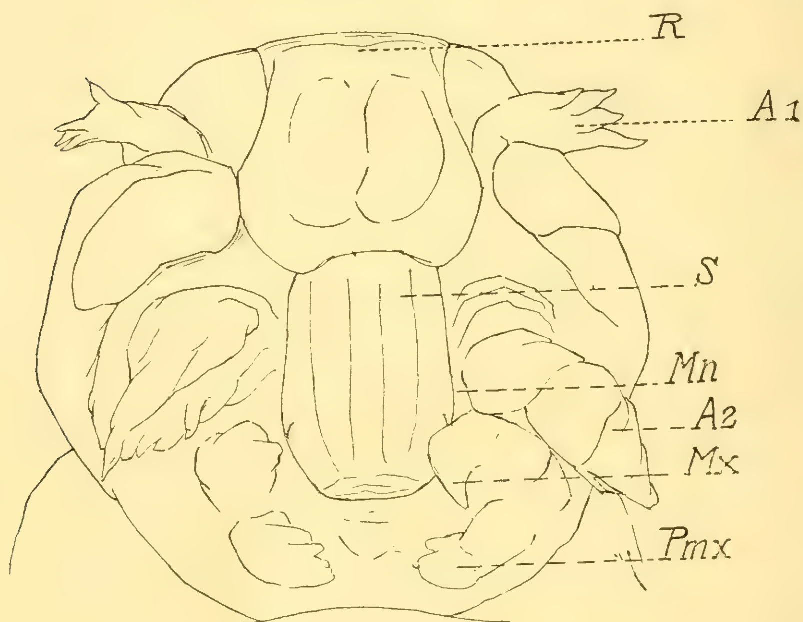


Fig. 2. — Région céphalique. Face ventrale.

les antennes antérieures, une saillie demi-cylindrique qui constitue le siphon (S). Celui-ci est soudé à la face ventrale par sa face postérieure, mais présente cependant une certaine mobilité, et ses mouvements rappellent ceux d'un soufflet dont la partie mobile serait formée par la face libre. Il présente deux muscles longitudinaux et renferme deux mandibules (M*n*) courtes et crochues. Il est possible qu'une valvule occupe l'orifice buccal. Elle a échappé à nos observations, mais paraît avoir été vue par Krempf si j'ai gardé un souvenir exact de nos entretiens sur ce parasite. Elle rendrait plus précise la com-

paraison précédente et permettrait de mieux comprendre le fonctionnement du siphon.

Deux paires d'appendices rudimentaires représentent les mâchoires (Mx) et les pattes-mâchoires (Pmx). Les premiers sont placés de part et d'autre du siphon ; les seconds, un peu audessous.

Nous avons observé, en mars 1906, une forme métanauplienne qui avait perforé l'ectoderme du *Corynactis* à l'aide de ses antennes accolées par leur partie interne et paraissant avoir fonctionné à la manière d'une vrille. Le parasite avait abandonné la carapace, où nous l'avions vu, pour pénétrer dans son hôte sous la forme décrite précédemment. Il atteignait à peine un millimètre et présentait deux glandes d'un rouge vif dans sa région postérieure. *Mesoglicola Delagei* pénètre donc dans son hôte, comme d'ailleurs tous les parasites internes, sous une forme embryonnaire, c'est-à-dire au moment même où son organisme se prête le mieux à un changement brusque de milieu.



Fig. 3. — Tumeur du *Corynactis viridis*.

Les *Corynactis* ne présentent, pendant la mauvaises saison, que des parasites de petite taille, isolés dans la mésoglée. Mais, avec la belle saison, les parasites se rassemblent et forment une tumeur blanchâtre (fig. 3), sous-ectodermique, séparée bientôt du *Corynactis* par une membrane très résistante. A ce moment les parasites ont de 6 à 7 millimètres et sont groupés par trois, quatre ou cinq. Ils sont peu actifs et paraissent avoir subi une dégénérescence graisseuse analogue à celle qui se produit chez *Staurosoma parasiticum* Caullery et Mesnil.

Certains parasites présentent, dans la région postérieure de leurs corps, deux glandes rougeâtres qui n'existent pas chez les individus porteurs d'œufs blanchâtres, visibles au-dessous des téguments. Les premiers sont des formes mâles, les seconds des formes femelles.

La plupart des tumeurs renferment des amas d'œufs blanchâtres au moment de la ponte, puis de plus en plus foncés et donnant finalement des *Nauplius* (fig. 4) encore incapables de se déplacer.

Il convient de noter que certaines tumeurs sont complètement isolées des *Corynactis* voisins. Il est donc permis de penser que le *Corynactis* se débarrasse de ses parasites par une pédiculisation progressive de la tumeur qui les renferme. Enfin quelques tumeurs présentent un orifice étroit dont il était bien difficile de prévoir l'origine et le rôle.

C'est alors qu'en 1910, au laboratoire de Roscoff, des



Fig. 4. — Nauplius de *Mesoglicola Delagei*.

schistes couverts de *Corynactis viridis*, dont quelques-uns portaient des tumeurs, furent placés, au mois d'août, dans des cuves de verre où l'eau de mer coulait constamment. Chaque matin, des filaments de branchies bien fraîches et provenant d'ordinaire de Crénilabres étaient placés sur les tentacules épanouis des *Corynactis*. Deux heures après, les branchies, alors exsangues, étaient dégagées des tentacules à l'aide de pinces et rejetées. L'expérience dura six semaines Dès la fin de la première quinzaine, les tumeurs se pédiculisèrent et se séparèrent peu à peu des *Corynactis*. Mais quelques tumeurs présentèrent, dans leur région supérieure, la teinte rosée des *Corynactis* et quelques bourgeons tentaculaires disposés, régulièrement, autour d'un orifice central. Ces faits montraient nettement que la pédiculisation des tumeurs du

Corynactis était un phénomène de bourgeonnement. L'orifice observé sur certaines tumeurs était le seul indice qui pût déceler ce bourgeon... L'excès de nourriture fourni au *Corynactis* dans l'expérience précédente rendait le bourgeonnement plus vigoureux et permettait l'ébauche du jeune *Corynactis*.

Les rapports entre le parasite et son hôte devenaient alors évidents.

Le bourgeonnement du *Corynactis* est précédé par l'accumulation, en une région déterminée de l'hôte, des réserves nutritives destinées au futur *Corynactis*. Cette région constitue, pour les parasites, un milieu extrêmement favorable. Ils s'y rassemblent donc et détournent à leur profit ces réserves. Leur développement est alors rapide. L'accouplement et la ponte se font et, pendant ce temps, la tumeur se pédiculise, se sépare du *Corynactis* et les parasites meurent. Il est probable que l'inertie des *Nauplius* que renferme la tumeur cesse quand le milieu nutritif est épuisé. Alors commence, pour le *Nauplius*, une vie active et libre pendant laquelle il échappe à notre observation. Enfin, avec le printemps, le Nauplius devient *Metanauplius* et pénètre dans son hôte.

L'évolution de *Mesoglicola Delagei* est donc dominée par les phénomènes de bourgeonnement de son hôte. La pédiculisation des tumeurs du *Corynactis* n'est, en somme, qu'un bourgeonnement avorté.

MODIFICATIONS PÉRIODIQUES OU DÉFINITIVES DES CARACTÈRES SEXUELS SECONDAIRES CHEZ LES GALLINACÉS

Par A. PÉZARD

TRAVAIL DU LABORATOIRE DE BIOLOGIE GÉNÉRALE ET DE LA STATION PHYSIOLOGIQUE DU COLLÈGE DE FRANCE

I. — Introduction.

Dans une série de travaux antérieurs, nous avons montré que les caractères sexuels secondaires des Gallinacés dépendent, comme ceux des Mammifères, de sécrétions internes (harmozones) élaborées par les glandes sexuelles (1). Il y a toutefois une différence entre les deux classes : chez les Mammifères, il apparaît nettement que les caractères sexuels *positifs* du mâle sont conditionnés par le testicule, tandis que les caractères sexuels *positifs* des femelles dépendent de l'ovaire. Chez les Gallinacés, les choses se présentent autrement. Sans doute, les organes vasculaires du Coq (crête, barbillons, oreillons), le chant, l'instinct sexuel et l'ardeur combative se développent sous l'influence d'une sécrétion testiculaire ; par contre, les ergots et les particularités mâles du plumage (camail, lancettes, faucilles) échappent rigoureusement à cette influence. Dans le sexe opposé, le tractus génital (oviducte, glande coquillière), au moins dans son état fonctionnel, dépend de l'ovaire. Mais, de plus, comme les ergots et le plumage du Coq apparaissent chez la Poule ovariectomisée,

(1) A. Pézard, Le conditionnement des caractères sexuels secondaires chez les Oiseaux (*Bull. biol. France et Belgique*, 1 vol. de 176 pages, Paris, 1918).

ainsi que Goodale (1) et nous (2) l'avons montré, il faut bien admettre que l'ovaire exerce normalement, chez la Poule, une action *empêchante* vis-à-vis des phanères mâles. Le plumage du Coq apparait ainsi comme un caractère rigoureusement neutre, et son absence, chez la Poule, constitue le caractère vraiment femelle (3).

Cette manière de voir apporte, aux cas d'arrhénoïdie (4), c'est-à-dire de masculinisation apparente des femelles d'Oiseaux, une explication rationnelle : le phénomène est bien la conséquence directe de l'atrophie sénile ou pathologique de l'ovaire, atrophie équivalant à une castration. De plus, elle explique un fait curieux, qui, à notre avis, n'a pas retenu suffisamment l'attention des biologistes : l'unilatéralité de l'inversion sexuelle chez les Oiseaux : les Poules, en vieillissant, acquièrent fréquemment le plumage du Coq ; mais, à notre connaissance, il est extrêmement rare que le contraire se produise. — On peut exiger davantage de la théorie, notamment de rendre compte des modalités de l'arrhénoïdie et des phénomènes plus complexes intéressant à la fois le comportement et les organes érectiles de certains sujets ; en somme, elle doit cadrer exactement avec les faits nouveaux.

La présente étude a justement pour but de montrer un tel accord. Elle est relative à trois Oiseaux : une Faisane dorée (*Thaumalea picta* ♀) qui, à l'âge de treize ans, a pris le plumage du mâle, et deux poules (*Gallus domesticus* ♀) de race Faverolles, qui ont présenté, de cinq à sept ans, des inversions saisonnières de sexualité (5). A l'encontre de beaucoup

(1) H. D. Goodale, Castration in relation on the secundary sexual characters of brown Leghorn (*Amer. Natur.*, p. 159-169, New-York, 1913).

(2) A. Pézard, Développement expérimental des ergots et croissance de la crête chez les Gallinacés (*C. R. Ac. Sc.*, CLVIII, p. 513-516, Paris, 1914). — Transformation expérimentale des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés (*ibid.*, CLX, p. 260-263, Paris, 1915).

(3) On peut être, à bon droit, étonné de trouver dans l'ouvrage de Bield (*Innere Sekretion*, 1916, 3e édit., Bd. II, S. 233), le passage suivant : « Ce qui différencie le Coq du Chapon, ce sont le plumage du cou et de la queue, la crête, les barbillons et les ergots, qui sont atrophiés. » Cependant, une bonne description du Chapon a été donnée en 1902 par Foges (sauf pour les ergots) et même auparavant par Sellheim.

(4) De, ἡρρην mâle ; εἶδος, aspect.

(5) Ces trois animaux ont été présentés vivants au Congrès international de physiologie, juillet 1920.

d'arrhénoïdes qui ont été recueillis par hasard au cours des chasses ou observés seulement après leur transformation, nos sujets ont tout au moins le mérite d'avoir été minutieusement suivis depuis leur jeunesse (1).

II. — Exposé des faits.

A. — Faisane dorée masculinisée (*Thaumalea picta* ♀).

1° Description de l'animal. — Née en 1906, cette Faisane appartenait à un zoologiste amateur très éclairé, M. Debreuil, qui en a fourni ailleurs une excellente description (2). En voici

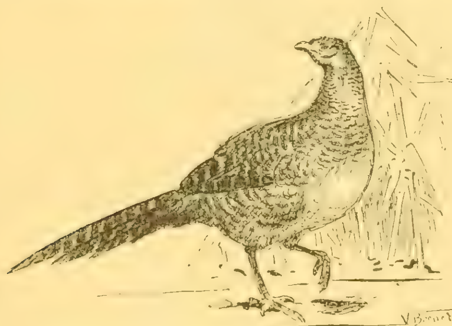


Fig. 1. — *Faisane dorée adulte.* Plumage gris assez uniforme.

le résumé. L'animal vivait normalement avec un mâle, son frère, dans un parc de 2 hectares, à Melun. A partir de 1908, elle pond et produit régulièrement chaque année une ou deux couvées ; son plumage *terne* (fig. 1) n'offre aucune particularité et tranche avec la magnifique parure jaune, vert, bleu, rouge et or de son compagnon. « En 1919, elle pondit comme d'habitude, au printemps, mais ses œufs ayant été mangés par des Pies, très nombreuses depuis la guerre, elle ne refit pas de nid. La mue arriva et dura fort longtemps. Elle restait tout le jour, blottie sous des buissons et paraissait

(1) On trouvera de bonnes vues d'ensemble sur l'arrhénoïdie dans R. Blanchard, Virilisme et inversion des caractères sexuels (*Bull. Ac. méd.*, t. LXXVI, Paris, 1916). — O. Larcher, Contribution à l'histoire des femelles d'Oiseaux chez qui se développent les attributs extérieurs du sexe mâle (*Bull. Soc. cent. méd. vét.*, Paris, 15 juin 1916).

(2) C. Debreuil, Une féministe (*Revue d'histoire naturelle appliquée : l'Oiseau*, nos 4 et 5, Paris, avril et mai 1920, p. 102-109.)

malade. » Un jour, en allant la voir, l'éleveur fut étonné en remarquant des plumes de couleur formant tache sur le plumage. « Peu à peu, ces taches grandissant, la Faisane prit l'apparence du mâle : le dos, puis le ventre et les ailes se colorèrent ; la collerette se dessina et, après quatre à cinq semaines, il fut à peu près impossible de la distinguer de son compagnon (fig. 2). La queue devint semblable, les couleurs presque aussi vives ; seules, quelques plumes de couverture



Fig. 2. — *Faisan doré mâle :* huppe jaune clair, collerette orangée avec lisérés noirs ; bordure vert métallique ; gorge et ventre rouges ; dorsales jaunes, lancettes rouges, queue très longue.

des ailes et des rémiges restèrent marron, au lieu d'être bleues, comme chez le Faisan. »

Debreuil constate, en outre, que l'Oiseau redevient, après la mue, alerte et gai. Les ergots ne se développent pas, mais cela n'a rien d'étonnant, les Faisans dorés n'en ayant que de petits, et même, en la circonstance, le mâle témoin n'en possédant aucun. Enfin, au point de vue du comportement, Debreuil note que la Faisane, restée d'allure modeste, vit en bon ménage avec le mâle, celui-ci continuant à « faire le beau » auprès d'elle, comme précédemment.

L'animal est mis à notre disposition en juillet 1920 ; nous constatons alors que l'iris a conservé la couleur marron qu'il présente chez les femelles (il est jaune clair chez le mâle), enfin que la mue de 1920 s'effectue encore dans le sens masculin sans changement nouveau, même concernant les quelques

plumes marron de l'aile. Nous faisons l'autopsie le 24 décembre 1920.

2° Autopsie. — L'animal, en apparence normal, est tué par étouffement. Par l'incision faite dans la paroi abdominale, nous vérifions le bon état des principaux organes : poumon, cœur, foie, intestin, etc. ; une graisse, de couleur rouge-brique, siège dans les dépôts habituels ; cette couleur ne nous étonne pas, car nous l'avons constatée souvent chez les Faisans dorés mâles. L'ovaire paraît absent, mais, en examinant attentivement du côté gauche la grosse veine qui le supportait, nous découvrons une trace blanche, impondérable, longue de 1 centimètre environ, large de 1 millimètre en moyenne, amincie vers le

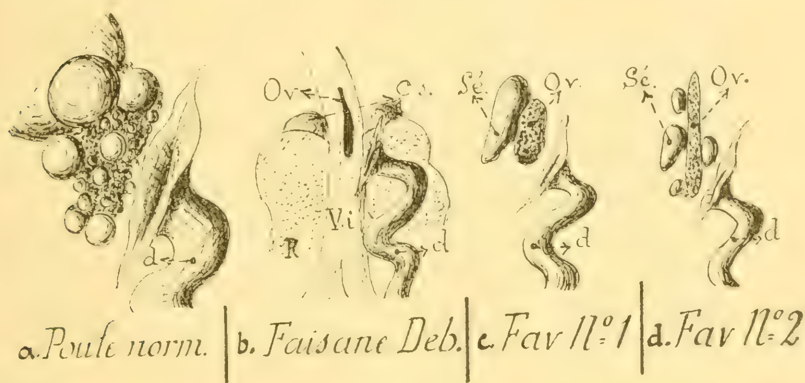


Fig. 3. — Région ovarienne chez une Poule normale et chez nos trois animaux. — Ov., ovaire. — C.s., capsules surrénales. — Sé., formations pathologiques. — *d*, oviducte. — R, rein. — V.*i*, veine cave inférieure.

haut, (fig. 3, *b*) et presque sans épaisseur ; en raison de sa situation, nous l'attribuons éventuellement à un reste ovarien. Il n'y a rien à droite. Les deux capsules surrénales coiffent les reins, à leur place habituelle, et il ne nous semble pas qu'elles aient diminué. Enfin, l'oviducte est toujours en place, mais *très grêle*, à larges contours, terminé par une poche coquillière mince. Nous prélevons ovaire, surrénale et oviducte moyen en vue d'une étude histologique.

3° Étude histologique. — a. *Reste ovarien* (fig. 4 et 5). — Nous constatons le bien fondé de notre supposition préalable. L'organe est entouré d'un épithélium plat, non continu, qui paraît être le reste d'un épithélium ovarique ; la masse est formée d'un tissu conjonctif aux fibres diversement alignées, et présentant parmi elles des cellules allongées, à noyau ovalaire, orientées de la même façon. De place en place, des travées conjonctives s'écartent pour loger des cellules à noyau petit et irrégulier, entouré d'un cytoplasme alvéolaire ; nous

reconnaissons en cela des nids de tissu interstitiel, analogues à ceux que nous avons décrits chez la Faisane argentée.

A proximité de la surface surtout, des cercles clairs attirent particulièrement l'attention : ce sont des follicules dégénérés, les uns complètement vides (ils devaient renfermer de la graisse que le xylol a dissoute) ; d'autres renferment une

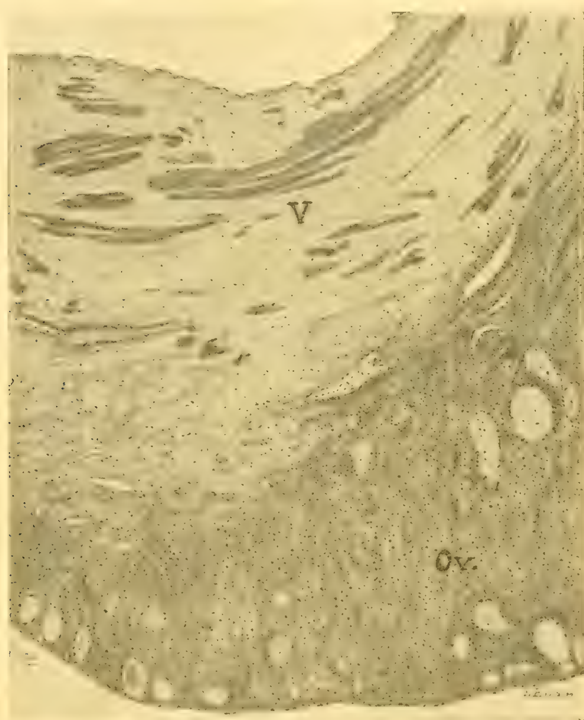


Fig. 4. — Coupe transversale du reste ovarien. En haut : paroi de la veine cave inférieure V (1/2 environ de l'épaisseur totale) ; — en bas : ovaire *(ov.)* avec stroma conjonctif et vides produits par follicules dégénérés. — Fix. : Bouin. — Col. : hémalun, éosine, aurantia. Gr. = 130.

substance colloïde qui s'est rétractée en une sphère très colorable ; enfin certains sont envahis par quelques cellules assez semblables aux éléments interstitiels décrits plus haut (fig. 5) et faisant songer à l'atrésie folliculaire que Limon a observée chez les Mammifères. La nature folliculaire de ces formations s'affirme encore par le fait que le tissu conjonctif environnant (cellules et fibres) est quelquefois tassé et orienté de façon à simuler une fine thèque mal limitée du côté extérieur.

D'une façon générale, la coupe est constellée de vacuoles circulaires, indiquant l'abondance des graisses. Par contre, aucune trace de pigment, et cela contraste avec l'abondance de mottes xanthochromes observées dans le testicule des Faisans dorés, argentés, et dans l'ovaire de la Poule domestique et de la Faisane argentée.

b. *Capsules surrénales* (fig. 6). — Nous donnons ici quelques renseignements sur les surrénales, en raison des théories qui

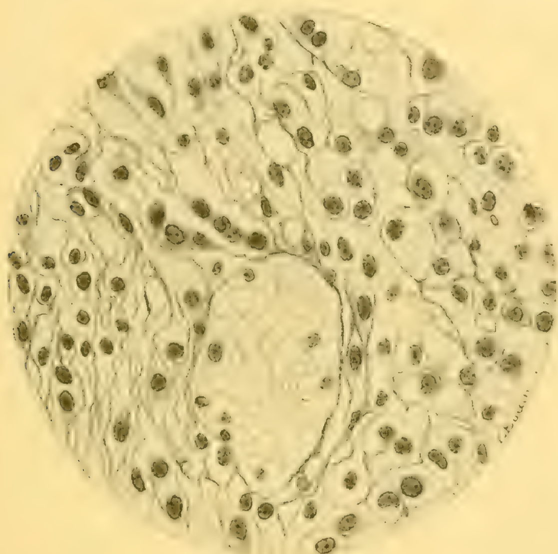


Fig. 5. — Détail de la coupe précédente. On voit des cellules et des fibres conjonctives ; quelques éléments interstitiels (à cytoplasme vacuolaire), un follicule dégénéré (sa cavité renferme quelques cellules). Gr. = 550.

ont lié le virilisme de certaines femelles à une déficience de la fonction de ces glandes (1 et 2). A vrai dire, la chose nous paraît jugée du fait même que, chez les Poules ovariectomisées, les surrénales subsistent, sans diminution de masse (3). D'autre part, même si, en raison des rapports topogra-

(1) Apert, Dystrophies en relations avec les lésions de capsules surrénales. Hirsutisme et progeria (*Bull. de la Soc. de pédiatrie de Paris*, XII, 1910).

(2) Tuffier, Un cas de virilisme surrénal (*Bull. Ac. méd.*, p. 726, Paris, 1914).

(3) Depuis que ce mémoire a été envoyé à l'impression, nous avons étudié les surrénales des poules ovariectomisées et constaté que leur structure est normale ; rien ne nous paraît justifier le renouveau dont jouirait actuellement en Allemagne la théorie du virilisme surrénal.

phiques fréquents entre les surrénales et l'ovaire, quelques éléments surrénaux sont enlevés avec l'ovaire, lors de la castration, l'autre glande suffit largement à assurer la fonction totale. Dans le cas présent, on observe dans la surrénale les deux éléments habituels : cordons corticaux, clairs, plus ou moins enchevêtrés, et cordons médullaires, moins nombreux, épars dans les interstices des cordons corticaux. *Les cellules*



Fig. 6. — Coupe de la surrénale. Tissu cortical clair. Tissu médullaire plus foncé; l'intérieur des cordons correspondants est plus ou moins détruit accidentellement. — Fix. : Bouin. — Col. : hémalun, éosine, aurantia. Gr. = 280.

paraissent normales : dans la coupe ci-jointe, les espaces clairs existant dans les cordons médullaires sont des artifices produits, soit à la fixation, soit lors du collage des coupes. (En raison de l'échantillon unique dont nous disposions, le fragment fixé étant celui du côté de l'ovaire, nous n'avons pu recommencer le travail dans d'autres conditions.) En tout cas, si les éléments corticaux sont plutôt des éléments à cholestérine que des spongiocytes, les cellules médullaires sont farcies de grains adrénalogènes.

c. *Oviducte moyen* (fig. 7). — N'ayant jamais eu, à notre

disposition, d'oviducte de Faisane dorée en état de ponte ou en état de repos sexuel, nous ne pouvons prendre le terme de comparaison qui conviendrait. Néanmoins, comme nous avons étudié à diverses reprises l'oviducte de certains Gallinacés et de plusieurs Passereaux, qui nous ont montré une structure uniforme, nous pouvons, sans grande erreur, émettre une opinion sur la question.

Rappelons les trois éléments histologiques que l'on trouve



Fig. 7. — Coupe de l'oviducte moyen de la Faisane de Debreuil. Fix. : Bouin. — Col. : Prenant. — Gr. = 60.

dans tout oviducte d'Oiseau (partie moyenne) : une mince cloison conjonctive, à l'extérieur ; une musculeuse assez épaisse, au milieu ; enfin vers la lumière du tube une muqueuse très épaisse formée principalement par un épithélium cylindrique, plus ou moins cilié, recouvrant le tissu glandulaire chargé de sécréter l'albumine. Cette muqueuse s'organise en plis longitudinaux qui, en coupe transversale, apparaissent comme des villosités. Chacune est soutenue par une lame axiale formée de tissu conjonctif et musculaire lisse, à éléments orientés.

Dans l'oviducte de notre Faisane, on distingue quelques modifications par rapport à la structure normale. Les plis sont moins élevés et n'obturent plus la lumière du canal :

les cellules à albumine ont perdu toutes leurs enclaves sécrétoires. En outre, le tissu conjonctif est beaucoup plus abondant, aussi bien dans la paroi musculaire que dans l'axe des plis. Nous pouvons donc, sous la réserve faite plus haut, admettre que la réduction de l'oviducte est accompagnée d'une invasion conjonctive très nette, d'un arrêt dans la fonction des cellules à albumine ; ajoutons aussi d'une passivité de l'épithélium interne, celui-ci paraissant avoir perdu ses granulations sécrétoires et ses cils (1).

B. — Poules Faverolles (*Gallus domesticus* ♀).

1° Description des sujets — Ces deux animaux appartiennent à une série que nous avions mise en expérience, en vue de réaliser la masculinisation complète des femelles. Nées en mai 1914, à l'établissement d'élevage Gallia, à Bougival, ces Poules de race Faverolles pure avaient subi l'ovariectomie le 28 juillet suivant, et reçu, en même temps, dans le péritoine, des fragments de testicule, empruntés à des Coqs de même âge et de même race. Notre mobilisation nous a obligé à abandonner nos expériences, mais nous avons conservé les sujets, grâce au dévoûment du personnel de la Station physiologique. Nous avons pu même les suivre, lors de nos permissions. Nous les retrouvons en bon état en 1918 ; comme le plumage mâle ne s'est pas développé, nous présumons que l'ovariectomie est incomplète, et cela ne nous étonne pas, ayant plusieurs fois été obligé de la faire en deux temps.

En mai 1919, nous sommes surpris par le changement d'allures de l'une d'elles (que nous désignerons par le n° 1).

(1) Nous signalons une étude du même genre, et particulièrement documentée que l'auteur, M. P. Murisier, chef des travaux à l'Université de Lausanne, a bien voulu nous faire parvenir récemment. Il s'agit d'une Poule de race pure Rhode-Island rouge, qui, née en 1920, a pris, dès la première mue, le plumage du Coq. Ici, la destruction de l'ovaire est due à une cause pathologique: l'oviducte ne pèse que 2^{gr},5, tandis que l'oviducte d'une pondeuse témoin est de 35 grammes. Voir, à ce sujet : P. Murisier, A propos d'une Poule gynandromorphe (*Bulletin de la Soc. vaudoise des sc. nat.*, vol. LIV, n° 201, p. 123-130, Lausanne, 1921).

Non seulement sa crête grandit et rougit brusquement (fig. 8), comme chez le Coq au moment de la puberté, mais encore l'animal commence à manifester, vis-à-vis des Coqs voisins, une humeur belliqueuse tout à fait caractéristique ; même, cette Poule prend le chant du mâle, un peu plus traînant, et fait la cour à ses compagnes. Nous isolons alors une Poule normale et nous nous plaisons à provoquer devant témoins la scène suivante :



Fig. 8. — Photographie de la Poule nº 1, prise le 12 juillet 1920. — Crête et barbillons développés et rutilants. Plumage de Poule. Instincts mâles. Chant du Coq.

Un Coq et la Poule nº 1 sont introduits près de la précédente. La Poule nº 1 se dirige vers sa compagne pour la cocher, mais le Coq, plus prompt, l'a devancée. Elle attaque alors résolument son rival, à coups de bec et de pattes. Le Coq, d'abord surpris, se défend, prend finalement le dessus et assouvit son instinct ; la Poule suit aussitôt, et, après la parade préliminaire de l'aile, se livre à l'acte



Fig. 9. — Photographie de la Poule nº 1 prise le 24 novembre 1920. Crête et barbillons petits, de couleur pâle. Plumage de Poule. Aucun instinct mâle. Pas de chant.

sexuel. Malgré l'apparence de Poule, que lui donne son plumage, elle se comporte donc comme un véritable Coq.

A partir d'août, tout cet ensemble morphologique et psychique entre en régression ; la crête redevient petite, farineuse, exsangue, et l'animal redevient paisible ; il a maintenant les caractères et l'allure de la Poule (fig. 9).

En avril 1920, les mêmes phénomènes se reproduisent, mais intéressant, cette fois, les deux animaux avec un peu de retard pour le n° 2, dont les instincts sexuels, d'ailleurs, persistent jusqu'en octobre. Dès l'automne, nouvelle régression (fig. 8 et 9). Ainsi, ces deux sujets se comportent, durant la belle saison, comme des mâles normaux ; durant la mauvaise saison, comme des Poules. Le plumage est resté tout le temps celui de la Poule, quoique les pattes portent de minuscules ergots. Nous diagnostiquons un ovaire fonctionnel, au point de vue endocrinien seulement, ces Poules n'ayant jamais pondu, et un testicule ou un organe vicariant.

L'autopsie est faite *aussi soigneusement que possible* (1) le 18 décembre 1920, les animaux ayant recommencé une troisième ou deuxième évolution dans le sens mâle.

2° Autopsie. — Le tableau ci-dessous renferme les renseignements relatifs aux principaux organes. Nous avons cru devoir ajouter ici quelques nombres dont nous nous proposons de tirer parti dans l'avenir. Nous ferons remarquer simplement que ceux qui concernent le foie et le rein sont conformes aux observations faites sur les Poules stériles et notamment la gynandromorphe de P. Murisier (*loc. cit.*, p. 127-129).

	N° 1.	N° 2.
Poids	2 720 gr.	2 260 gr.
Crête	$70^{mm} \times 39^{mm}$	$66^{mm} \times 30^{mm}$
Ergots	dr. : 3^{mm} ; g. : 10^{mm}	dr. : 2^{mm} ; g. : 12^{mm}
Cœur	$10^{gr},85$	15 gr.
Poumon	$12^{gr},1$	9 —
Foie	36 gr.	27 —
Rein	$9^{gr},6$	$11^{gr},1$
Graisse abdominale	163 gr.	75 gr.
Rate	$2^{gr},4$	$2^{gr},2$
Encéphale	$3^{gr},15$	$3^{gr},2$

(1) Aucun examen n'est superflu lors de l'autopsie des animaux à transplants. Dans une série récente d'expériences, qui feront l'objet d'une publication ultérieure, nous avons constaté de nouveau chez les Coqs l'aptitude étonnante du tissu testiculaire à la transplantation. De petits nodules de parenchyme séminal peuvent se fixer ou croître *loin*, *très loin* de leur place habituelle ; il nous a paru néanmoins qu'il y avait quelques emplacements favorables : sur-

Nous constatons, chez les deux sujets, l'existence de glandes reproductrices et de conduits génitaux. Chez le numéro 1, à la place habituelle de l'ovaire se trouve un organe constitué par deux parties bien distinctes, quoique contiguës (fig. 3, *c*) : 1° une masse grise, d'aspect granuleux, insérée directement sur la veine lombaire par une large base et ressemblant à l'ovaire d'une Poule en période de repos sexuel, avec cette différence que l'aspect n'est plus celui d'une grappe ; poids 0^{gr},32 ; 2° un organe latéral, blanc et lisse, inséré sur le premier, mais séparé par un étranglement ; dur au toucher, il reste dur à la section et ne saigne pas. Poids : 0^{gr},6. A première vue, nous avions présumé un *ovariotestis* ; la section jette un premier doute sur cette interprétation. Chez le numéro 2, même observation, avec une différence, toutefois : l'ovaire est plus allongé ; poids : 0^{gr},4 ; quant à l'organe latéral, il se réduit à quelques petits nodules durs et blancs qui flanquent le pourtour de l'ovaire (fig. 3 *d*). Dans les deux cas, les capsules surrénales, en place, ont un aspect normal, et l'oviducte, bien développé, frappe par son aspect grêle. Nous ne retrouvons aucune trace de nodule dans le péritoine.



Fig. 10. — Nodule de transplantation testiculaire sur l'intestin d'un coq Leghorn doré. — Partie supérieure : paroi intestinale normale. Partie inférieure : nodule. — La séreuse s'est délaminée pour entourer la transplantation. — Fix. : Bouin. — Col. : Prenant. Gr. = 35.

3° Étude histologique. — L'ovaire, beaucoup plus gros que celui de la Faisane de Debreuil, présente néanmoins la même structure, aussi bien chez le numéro 1

face externe de l'intestin antérieur, feuillet pariétal du péritoine, intérieur de la surrénale. Pour en fournir la preuve, nous figurons ci-contre (fig. 10) un des nombreux nodules de la grosseur d'une tête d'épingle que nous avons prélevé sur l'intestin moyen d'un Coq en expérience, race Leghorn doré. Certains canaux séminifères sont en spermatogenèse ; d'autres, en régression. Le prélèvement a été fait *onze mois* après la transplantation.

que pour le numéro 2. Résumons-la : tissu conjonctif dominant avec fibres conjonctives et cellules à noyau ovalaire ; trace de tissu interstitiel : follicules dégénérés, les uns vides, les autres (fig. 11) en voie de comblement par cellules vacuolisées ; toutefois, quelques-uns montrent encore une épaisse granulosa (fig. 12) ; beaucoup de graisse, pas de pigment.

Quant aux masses latérales, elles offrent, dans les deux cas, une structure uniforme et assez insolite (fig. 13). A l'extérieur, une

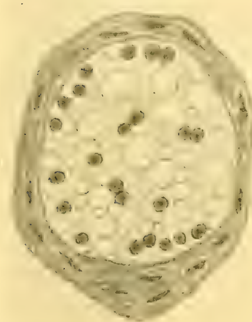


Fig. 11. — Dégénérescence d'un follicule dans l'ovaire de la Poule n° 1. — Fix. : Bouin. — Col. : Prenant. — Gr. = 450.

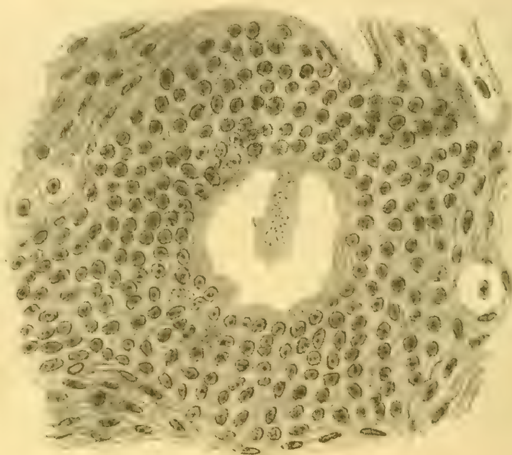


Fig. 12. — Autre mode de dégénérescence des follicules dans l'ovaire de la Poule n° 1. — Ovocyte absent : granulose épaisse. — Fix. : Bouin. — Col. : Prenant. — Gr. = 450.

conjonctive mince, semblable à l'albuginée ; à l'intérieur, une masse compacte de cordons flexueux, assez enchevêtrés, noyés dans un tissu conjonctif très développé, et formés par des éléments arrondis. Certains cordons possèdent une lumière nette, obstruée par une formation très colorable et probablement colloïde ; d'autres, et c'est le plus grand nombre, ne possèdent qu'une cavité virtuelle. Les éléments cellulaires présentent un cytoplasme assez hétérogène, plus dense autour du noyau, et dans lequel on distingue des granulations très colorables ; le noyau, assez gros et arrondi, n'offre, au grossissement moyen, aucune particularité spéciale ; tantôt il occupe une position médiane,

tantôt il est excentrique. La fixation au Flemming ne décèle pas de granulations noircissant par l'acide osmique ; enfin il n'y a pas de pigment. Ne connaissant rien qui, dans l'histologie normale des Gallinacés, ressemble de près ou de loin à cette structure, nous devons conclure à une formation pathologique.

L'interprétation est assez délicate. Nous avons soumis nos



Fig. 13. — Coupe du nodule latéral (présumé à fonction endocrinienne mâle). — Fix. : Bouin. — Col. : Prenant. — Gr. = 450.

préparations à des histologistes spécialistes des tumeurs ; il semble bien qu'il s'agit d'un séminome, ayant comme origine, soit la poussée de cordons sexuels primaires de sexe indifférent, qui persistent souvent dans l'ovaire des Oiseaux ; soit même l'épithélium ovarique. En tout cas, cette formation ne paraît pas avoir de rapport avec la transplantation de testicule effectuée le 28 juillet 1914 ; peut-être a-t-elle été hâtée par l'ablation partielle de l'ovaire.

La structure des capsules surrénales est normale. Nous n'avons pas étudié l'oviducte.

III. — Discussion.

Pour plus de clarté, au lieu d'étudier séparément les deux catégories de sujets, nous distinguerons successivement les caractères qui obéissent à un dynamisme différent :

a. Plumage et ergots ;

b. Crête et comportement psycho-sexuel ;

c. Évolution saisonnière.

1° Plumage et ergots. — La nature indiscutable de la bribe que présente la Faisane de Debreuil nous montre d'une façon limpide l'involution de l'ovaire ; et le résultat vérifie notre théorie de l'action empêchante. Mais il y a plus. Ici, comme dans le cas de la Poule gynandromorphe de P. Murisier (1), comme dans beaucoup d'autres cas, l'inversion du plumage s'est produite au moment de la mue. Or, l'action empêchante, ou pour parler comme les biologistes anglais, l'action de la chalone ovarienne nous apparaît comme *continue*, autant toutefois que l'ovaire reste normal ; la poussée des ergots qui suit immédiatement l'ovariectomie des Poules en est la meilleure preuve. Nous vérifions donc de nouveau que *le plumage des Gallinacés n'est sensible à l'influence hormonique qu'au moment de la mue.* En outre, le fait que l'iris de la Faisane n'a pas changé de couleur semblerait indiquer que certains caractères sexuels secondaires, une fois acquis, échappent à l'influence endocrinienne. Nous n'avons pas eu jusqu'ici d'exemple aussi frappant de cette dernière catégorie.

Au sujet des Coqs, nous avons mis en évidence une loi générale dite du « tout ou rien » et indiqué ses multiples aspects. En voici le résumé : dès qu'un minimum ($0^{gr},5$ environ) de parenchyme testiculaire normal existe chez l'animal, tous ses caractères sexuels secondaires se déclenchent, sans qu'il puisse y avoir fractionnement dans leur développement ; inversement, au-dessous du minimum, l'animal prend intégralement l'aspect du castrat normal (2). Cette loi peut-elle s'appliquer à la chalone ovarienne ?

(1) *Loc. cit.*, p. 124.

(2) A. Pézard, Secondary sexual characteristics and endocrinology (*Endocrinology*, 1920, IV, p. 527-540). — Loi du « tout ou rien » ou de constance fonctionnelle relative au testicule considéré comme glande endocrine (*C. R. Ac.*

Sans doute, nous ne pouvons raisonner ici avec la même rigueur que chez le Coq, n'ayant à notre disposition qu'un matériel fragmentaire. Mais, quand les faits donnent prise à la discussion, on aboutit à la même conclusion. Voici un ovaire minuscule, mais nullement pathologique, appartenant à une Faisane qui, jusqu'à l'âge de treize ans, a effectué chaque année une ou deux pontes. Nous pouvons vraisemblablement admettre que l'atrophie a été continue, du moins dans les dernières années. Or, le plumage s'est masculinisé intégralement (à quelques plumes près) au moment favorable ; mieux, en six semaines, c'est-à-dire avec la même vitesse que chez un mâle normal lors de chaque mue. Par contre, un ovaire à demi atrophié, *absolument semblable au point de vue de la structure*, mais de masse plus grande, a maintenu le plumage de Poule chez nos deux sujets Faverolles. Intégralité de l'effet, existence d'un minimum efficace, discontinuité dans l'évolution progressive ou régressive, tous ces aspects du phénomène portent la marque de la loi du « tout ou rien ».

On peut à ces conclusions faire une double objection. Plumage de Coq et ergots sont habituellement couplés. Il ne saurait donc y avoir à la fois plumage de Poule et ergots; et, d'autre part, si la loi du « tout ou rien » est exacte, des ergots de sept ans doivent être démesurés ou nuls. Dans la pratique, on constate que l'ergot est fréquent chez les Poules âgées, surtout si elles sont mauvaises pondeuses. Pour expliquer ces contradictions, rappelons que le plumage est un caractère à conditionnement intermittent, tandis que l'ergot est soumis à un conditionnement continu. Que des fléchissements momentanés de l'ovaire, ne coïncidant pas avec les périodes sensibles du plumage se produisent de temps à autre, ils provoqueront la poussée intermittente des ergots, sans que le plumage soit touché.

Quoi qu'il en soit, on a coutume de désigner sous le nom

Sciences, 29 novembre 1920, CLXXI, p. 1081). — Temps de latence dans les expériences de transplantation testiculaire et loi du « tout ou rien » (*Ibid.*, 17 janvier 1921, CLXXII, p. 176-178). — Numerical law of regression of certain secundary sex characters (*Journal of gen. Phys.*, janvier 1921, III, p. 271-283).

d'arrhénoïdie, de masculinisation ou de virilisme, l'apparition du plumage mâle chez un Oiseau femelle. Si, comme le répète judicieusement E. Gley, la science doit être avant tout « une langue bien faite », c'est-à-dire un ensemble de questions clairement exprimées, nous devons reviser cette nomenclature. L'acquisition par une Poule du plumage du Coq... et du Chapon ne veut pas dire masculinisation, mais tout simplement neutralisation. Ce qu'on désigne parfois sous le nom d'*inversion sexuelle* pourrait n'être en réalité que l'acquisition du caractère neutre, quelque frappante ou concrète que puisse être la transformation.

2° Crête et comportement psycho-sexuel. — Les Poules Faverolles 1 et 2 nous ont fourni l'exemple d'une masculinisation véritable, puisque, nonobstant leur plumage femelle, elles présentaient des caractères mâles positifs : crête, instincts, chant.

Il importe toutefois de préciser. Nous avons montré, après G. Smith (1), qu'il existe chez la Poule de larges variations de crête, en rapport avec la ponte. Voici, chez trois sujets normaux, les nombres extrêmes, relatifs à la longueur de cet organe :

65, 53, 65
58, 63
54, 68

Chez nos Faverolles, la variation est beaucoup plus élevée (fig. 14), dans le premier cas tout au moins (64-92-67). Sans doute elle l'est beaucoup moins dans le second (61-75-61) ; mais l'examen de la figure 14 montre que, chez une Poule pondeuse, la variation est plus brusque (pointillé).

D'ailleurs, chez nos deux sujets, les variations sont accompagnées de modifications de couleur et de *turgescence* qui ne laissent subsister aucun doute, quant à leur cause ; enfin, argument péremptoire, *ces Poules n'ont jamais pondu.*

La superposition, chez *Gallus domesticus*, de caractères aussi opposés que le plumage de la Poule et les attributs vraiment sexuels du Coq n'a jamais été expliquée. Shattock et Selig-

(1) G. Smith, On the Cause of the fluctuations of the Fowl's Comb. (*Quart. Journ. micr. sc.*, LVII, n° 1, p. 45-51, 1911-1916).

MANN signalent bien un cas semblable (1), coïncidant avec la présence d'un ovaire et de tubuli spermatogènes, mais sans insister sur la signification du fait. Les choses deviennent claires avec notre manière de voir : l'ovaire empêche le développement du plumage mâle, tandis que le testicule intro-

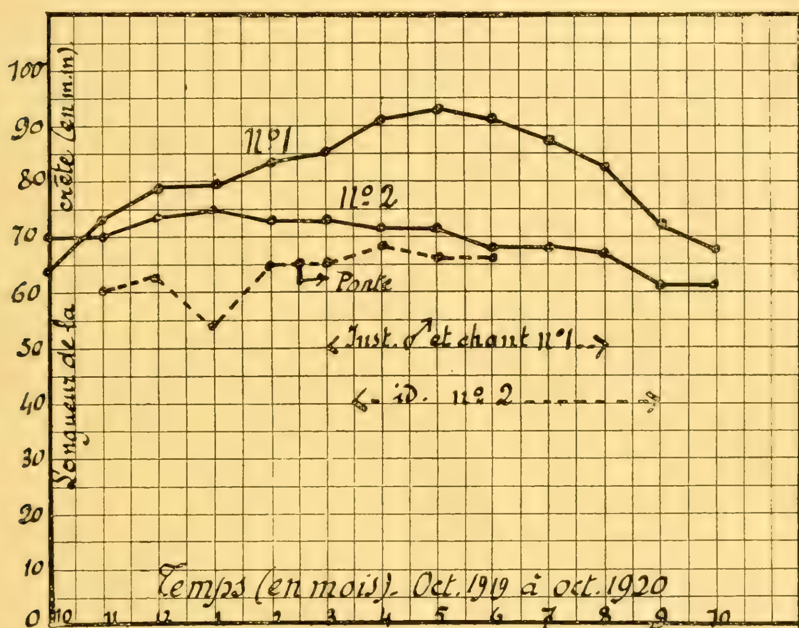


Fig. 14. — Graphique représentant la variation de longueur de la crête chez les nos 1 et 2 (en trait continu) et chez une Poule normale (pointillé). — Nous avons noté en outre la période des instincts mâles chez les sujets nos 1 et 2.

duit les caractères et le comportement psycho-sexuel du Coq.

Sans doute, cela suppose que, chez nos sujets Faverolles, le séminome s'est comporté à la façon d'un testicule. N'ayant jamais constaté, dans nos nombreuses expériences, de caractères mâles en l'absence de glandes mâles, nous sommes obligé d'admettre cette conclusion. Évidemment, on peut objecter que le rapport de causalité n'est pas établi aussi clairement que chez le Coq normal, et rien n'est plus vrai ; que toute induction, basée sur la table logique des résidus, n'est

(1) S. G. SHATTOCK et C. G. SELIGMANN, True thermaphroditismus in a fowl. (*Journ. of Physiol.*, XXIX, p. 10, 1903).

qu'un pis-aller, et nous en convenons volontiers. Nous énonçons une hypothèse provisoire, une direction de recherches et rien de plus en faisant remarquer qu'en la circonstance elle découle strictement des faits observés.

3° Variations saisonnières. — L'inversion sexuelle définitive, totale ou partielle, a pu être obtenue expérimentalement par Steinach, Knud Sand, Lipschütz, Athias, Goodale et nous-même (1). Bien que la présente question puisse en tirer parti, elle en diffère par la périodicité. Retenons, par contre, que des variations dans le comportement psycho-sexuel des animaux ont été décrites récemment par Knud Sand, expérimentant sur le Cobaye (2). Il s'agit d'hermaphrodites expérimentaux, porteurs à la fois de testicules et d'ovaires. Au cours d'une heure, ils montraient des changements momentanés de caractère « mâle et femelle, selon les animaux, femelle, nouveau-né, mâle que l'on mettait auprès d'eux ». Ces changements indiquent que les sujets possèdent, du fait de leur double glande génitale, une double sexualité qui s'extériorise dans un sens ou dans l'autre suivant le réactif mis en jeu.

Nos sujets Faverolles se comportent, à la vérité, d'une façon un peu différente : au lieu de superposition, il y a succession. Possèdent-ils, en été, la sexualité psychique femelle ? Il est difficile d'en juger, ce caractère se traduisant plutôt par des faits passifs : humeur douce, absence d'ardeur sexuelle. Sans doute, la ponte constituerait un caractère positif, mais elle n'a pas grande signification lorsqu'il s'agit de juger un effet endocrinien. Il y aurait aussi l'instinct d'incubation, — mais il est exceptionnel chez les Poules normales ; — la conduite des Poussins ; mais les Chapons s'en chargent volontiers. Aussi admettons-nous qu'une apparition périodique des caractères mâles, chez ces sujets à ovaire fonctionnel (le plumage est celui d'une Poule), suffirait à rendre compte des faits.

Dans ce but, reportons-nous à la loi du « tout ou rien ». Chez

(1) On trouvera une étude complète du sujet dans Al. Lipschutz, Die Pubertätsdrüse, 1 vol. de 476 pages, lib. Bircher, Berne, 1919.

(2) Knud Sand, Étude expérimentale sur les glandes sexuelles chez les Mammifères (*Journ. de phys. et path. gén.*, p. 305, 322, Paris, 1921).

le Coq normal, il n'y a pas d'interruption de sexualité, et cela se comprend. Même s'il y avait, comme chez les Oiseaux sauvages, des variations étendues des glandes sexuelles, elles ne pourraient retentir sur les caractères mâles, l'animal ayant beaucoup plus qu'il n'est nécessaire pour assurer la fonction (10 à 25 grammes au lieu de $0^{gr},5$). Mais les choses ne se passeraient plus de la même façon si ces variations, si menues fussent-elles, *affectaient un organe dont la masse correspondrait au minimum efficace.* La plus légère augmentation produirait une masculinisation complète, et la plus légère diminution, une neutralisation intégrale, donnant l'impression d'un véritable affolement des caractères sexuels secondaires, comme nous l'avons observé une fois en 1912, chez un Coq. En tout cas, chez nos deux Faverolles, il se trouve justement que *la masse du tissu présumé mâle se tient dans le voisinage du minimum efficace.* Nous aurions ainsi, juxtaposés chez le même animal, et les caractères femelles et la sexualité mâle saisonnière de la plupart des Oiseaux (Faisans notamment).

IV. — Conclusions.

1° L'involution normale de l'ovaire fait apparaître, à un moment donné, chez la Faisane dorée vieille, le plumage du mâle. Le changement se produit au moment de la mue. L'iris conserve sa couleur brune. L'oviducte devient grêle ; sa muqueuse perd ses fonctions sécrétoires, tandis que sa musculeuse lisse est envahie par le tissu conjonctif. L'animal n'acquiert pas pour cela les instincts du mâle. La transformation du plumage paraît obéir à la loi du « tout ou rien ».

2° Chez les Poules à ovaire partiellement enlevé, ayant reçu des fragments de testicule, les caractères sexuels secondaires vraiment mâles ont pu, à un certain âge, apparaître périodiquement. L'autopsie montre, à côté de l'ovaire, des formations pathologiques auxquelles on peut attribuer cette apparition. En raison du peu de volume de ces formations et des données relatives au « minimum efficace », nous pensons que l'apparition saisonnière de la sexualité mâle est liée ici à de minimes oscillations du tissu influençant.

3° *Plus généralement*, tout cela nous montre une fois de plus que le soma des Oiseaux possède, quel que soit le sexe, une double potentialité mâle et femelle. Le cas de la Faisane de Debreuil indique nettement que le plumage masculin était en puissance chez cet animal, avant la métamorphose. Le cas de nos Poules indique non moins nettement que les caractères sexuels secondaires mâle sétaient latents durant la vie normale ; les uns et les autres se sont extériorisés dès qu'ont été supprimées ou introduites les hormones actives. Si nous prenons, pour exprimer ces faits, le langage des néo-mendéliens, nous dirons qu'il y a chez les Oiseaux des dominances et des récessivités, et que les sécrétions internes peuvent les inverser. Cette notion de potentialité, si claire quand il s'agit du plumage par exemple, mérite d'être retenue et nous paraît de nature à apporter quelque lumière sur plusieurs des points où se rencontrent endocrinologistes et néo-mendéliens.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE

LE VENIN DES FOURMIS

EN PARTICULIER L'ACIDE FORMIQUE

NOTE DE **Robert STUMPER**
INGÉNIEUR-CHIMISTE I. C. S. (LUXEMBOURG).

Les biologistes connaissent depuis fort longtemps l'appareil vénénifique des Fourmis. Néanmoins il règne une confusion des plus gênantes au sujet du venin sécrété par cet organe. Est-ce simplement de l'acide formique? Quel est le chimisme exact de cette sécrétion? Quelle est la concentration de l'acide formique du venin des Fourmis? Quelle est la répartition quantitative parmi les différents types des Formicides? Toutes ces questions — et bien d'autres encore — ne sont jusqu'à l'heure présente point résolues d'une façon satisfaisante. On se borne généralement à attribuer l'action toxique du venin des Fourmis à l'acide formique; cette opinion est par contre critiquée sévèrement par les physiologistes plus experts en cette matière, par exemple von Furth (1), Kobert (2), Faust (3), qui affirment avec raison que l'étude approfondie et systématique de notre problème reste encore entièrement à faire. L'intérêt et l'importance primordiaux d'une pareille entreprise sautent aux yeux quand on songe au venin de certaines espèces tropicales, venin qui, au dire des explorateurs, est

(1) VON FURTH, Vergleichende chem. Physiologie d. niederen Tiere, 1903.
(2) R. KOBERT, Lehrbuch der Intoxikationen.
(3) FAUST, Die tierischen Gifte, *in* ABDERHALDEN, Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden, vol. III.

capable de provoquer des troubles très graves chez l'homme, voire sa mort.

C'est à la suite des faits exposés ci-dessus que nous nous sommes proposé d'étudier la chimie du venin des Fourmis. A cet effet nous avons commencé par le problème de l'acide formique, dont l'existence universelle dans le venin des différents genres était présupposée. Même cette étude, assez facile tout de même, n'a pas encore été faite d'une façon quelque peu suffisante. Le seul travail qui a été publié sur ce problème émane des auteurs américains Melander et Brues (1), qui ont dosé H.COOH chez certaines espèces américaines et dont la conclusion principale est la suivante : la présence de H.COOH n'est nullement constante chez toutes les Fourmis.

Avant d'entrer dans le vif de notre sujet, il est indispensable de rappeler brièvement la morphologie de l'organe venimeux. Malgré la diversité des nombreuses espèces (au delà de 5 000 !), toutes les Fourmis, à l'exception des mâles, possèdent un organe venimeux. Cet appareil se présente sous l'aspect de deux types bien distincts, différant avant tout par les parties destinées à l'inoculation du venin. Chez les sous-familles des *Ponerinæ*, *Myrmicinæ* et *Dorylinæ*, il existe un dard bien développé, par lequel se fait l'inoculation du venin. Chez les autres, c'est-à-dire les *Camponotinæ* et les *Dolichoderinæ*, le dard est rudimentaire et ne fonctionne plus. Les *Camponotinæ* peuvent faire jaillir le suc venimeux d'un conduit, quant aux *Dolichoderinæ*, leur organe venimeux est assez rudimentaire, mais elles possèdent des glandes anales, dont la sécrétion constitue la partie la plus efficace de leur réaction protectrice. L'étude comparative de l'organe venimeux a démontré une relation entre les dimensions, l'aspect de la glande venimeuse et les dimensions du dard : la glande est d'autant plus grande que le dard est moins développé.

***

Nos études ont pour objet la recherche et le dosage de l'acide formique dans le venin des Fourmis les plus diverses,

(1) MELANDER et BRUES, Chemical Nature of some Ins. Secretions (*Bull. Wisconsin N. Hist. Soc.*, 1906).

afin d'apporter plus de lumière dans nos connaissances confuses et incomplètes et afin d'établir une relation entre la morphologie de l'appareil vénénifique et la nature chimique du suc venimeux sécrété.

Le premier problème auquel nous nous sommes attaché est de savoir si le venin des Fourmis contient, à côté de H.COOH, d'autres acides libres. La méthode employée est celle de Duclaux (1), dont le principe est le suivant : les acides organiques volatils (en solution < 2 p. 100) distillent d'une façon rigoureusement caractéristique pour chaque acide. On peut donc suivre la marche d'une telle distillation en titrant l'acidité de chaque portion de distillat de 10 centimètres cubes et en exprimant la progression de la distillation en p. 100 de l'acidité totale ou en p. 100 de l'acidité des 100 centimètres cubes de liqueur distillée, le volume initial étant toujours 110 centimètres cubes. On obtient des deux façons, pour chaque acide, deux séries de chiffres qui indiquent la marche de la distillation et qui sont caractéristiques de l'acide en question. Des écarts notables révèlent la présence d'un ou de plusieurs autres acides. Nous avons soumis à la distillation un extrait aqueux de *Formica rufa*, une espèce typique de la sous-famille des *Camponotinæ* et réputée par sa sécrétion abondante de H.COOH. Nous avons de mêmee ffectué une distillation avec un extrait similaire, obtenu avec l'espèce tunisienne *Cataglyphis bicolor,* que je dois à l'amabilité du myrmécologiste F. Santschi, médecin à Kairouan.

Le tableau I résume les résultats obtenus en calculant l'acide passé en p. 100 de l'acidité totale du liquide contenu dans le ballon. La dernière colonne renferme les valeurs obtenues avec l'acide formique pur et indiquées d'après les tables de Duclaux.

Le tableau II réunit les chiffres obtenus d'après la seconde méthode, c'est-à-dire en calculant les valeurs en p. 100 de l'acidité des 100 centimètres cubes de liqueur distillée.

(1) Duclaux, Traité de microbiologie, t. II.

TABLEAU I.

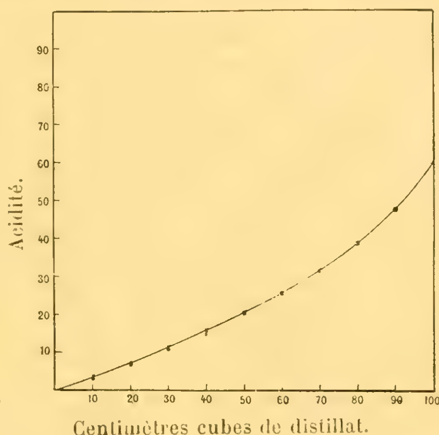
Quantité distillée.	1. « Formica rufa. »		2. « Cataglyphis bicolor. »		Valeurs obtenues avec H.COOH *pur* (Duclaux).
	Nombre de cm³ de NaOH N/10 lus sur la burette.	Acidité en 0/0 de l'acide total.	Nombre de cm³ de NaOH N/10 lus sur la burette.	Acidité en 0/0 de l'acide total.	
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
cm³	cm³	p. 100	cm³	p. 100	
10	0,99	3,5	0,30	3,25	3,5
20	2,08	7,3	0,62	6,25	7,2
30	3,25	11,0	1,00	10,75	11,3
40	4,54	15,4	1,57	14,80	15,5
50	5,90	20,0	1,86	20,21	20,2
60	7,43	25,2	2,36	25,07	25,5
70	9,31	31,4	2,92	31,70	31,1
80	11,43	38,6	3,57	38,82	38,5
90	14,08	47,6	4,37	47,50	47,0
100	17,10	58,8	3,42	58,95	59,0
110	29,60	100,0	9,20	100,00	100,0
	Acidité totale = 29cc,6 NaOH N/10.		Acidité totale = 9cc,20 NaOH N/10.		

TABLEAU II.

Quantité distillée.	1. « Formica rufa. »		2. « Cataglyphis bicolor. »		Valeurs de Duclaux H.COOH *pur*.
	Nombre de cm³ de NaOHN/10 lus sur la burette.	Acidité en 0/0 de l'acide passé dans 100 cm³ de liquide.	Nombre de cm³ de NaOH N/10 lus sur la burette.	Acidité en 0/0 de l'acide passé dans 100 cm³ de liquide.	
	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*
cm³	cm³	p. 100	cm³	p. 100	
10	0,99	5,8	0,30	5,54	5,9
20	2,08	12,5	0,62	11,3	12,2
30	3,25	19,0	1,00	18,5	19,1
40	4,54	26,5	1,37	25,3	26,3
50	5,90	34,5	1,86	34,3	34,3
60	7,43	43,5	2,36	43,5	43,2
70	9,31	54,3	2,92	53,8	52,7
80	11,43	66,8	3,57	62,2	65,3
90	14,08	82,2	4,37	79,95	79,9
100	17,10	100,0	5,42	100,00	100,00

On peut traduire ces résultats numériques dans un langage plus intuitif, celui des courbes. A cet effet, on n'a qu'à porter en abscisses les nombres successifs de centimètres

cubes de liquide passés à la distillation et en ordonnées les acidités correspondantes, indiquées en centimètres cubes de NaOH N/10. De cette façon on obtient pour chaque acide une courbe bien caractéristique. Nous joignons à titre d'exemple la courbe de l'acide formique pur, en portant en ordonnées les acidités calculées en p. 100 de l'acidité totale. Les petites croix indiquent les valeurs correspondantes obtenues avec l'extrait de *Formica rufa*; les petits cercles sont celles de *Cataglyphis bicolor*. On voit que la concordance est parfaite.



Centimètres cubes de distillat.

L'inspection des tableaux I et II, — notamment la comparaison des colonnes b *et* d *à la colonne* e, — *nous démontre une concordance suffisante pour conclure que le venin des espèces* Formica rufa *et* Cataglyphis bicolor *ne contient comme acide volatil libre que de l'acide formique.* La courbe indique ces mêmes résultats, mais d'une façon beaucoup plus palpable. Comme ces deux espèces sont des représentants très différents de la sous-famille des *Camponotinæ*, on peut dire, sous réserve toutefois, que le venin des espèces de cette sous-famille ne renferme comme acide libre que de l'acide formique. Cependant il y a lieu d'intercaler ici une remarque d'ordre général :

Il est probable que la liqueur toxique, sécrétée par les glandes et accumulée dans la vessie, contienne également certains sels à l'état dissous. Or, la théorie de la dissociation électrolytique et la loi des masses nous disent alors que les anions des sels dissous fournissent avec le cation H^{I} de H.COOH autant d'acides qu'il y a d'anions dans la liqueur. Tels sont vraisemblablement les ions $\overline{PO4}^{III}$, $\overline{Cl}^{I}$ et $\overline{SO4}^{II}$, dont la présence en quantité appréciable n'a toutefois pas été révélée par la méthode de Duclaux.

La seconde question à résoudre est la détermination de la

concentration de l'acide formique du venin. A cet effet, nous avons recueilli du venin de *Formica* dans du papier à filtrer, enfermé dans un verre à peser, dont le poids : verre + papier était connu. Le tableau III expose les résultats obtenus :

TABLEAU III.

Concentration de H COOH.

PROVENANCE.	QUANTITÉ de sécrétion recueillie.	QUANTITÉ de H.COOH titrée.	Concentration de H.COOH (gr. par 100 gr. de venin).
	gr.	gr.	p. 100
1. Luxembourg-Septfontaines....	0,1336	0,0966	72,30
2. — —	0,0955	0,0667	69,87
3. — — —	0,1355	0,093	68,43
4. Luxembourg Fort............	0,2892	0,1667	55,80
5. — Olizy	0,2496	0,090	36,12
6. —	0,060	0,0128	21,35
7. — Verlorenkost ...	0,0102	0,00598	58,63
8. — ...	0,0102	0,00576	56,39

On se rend compte que la concentration de H.COOH n'est nullement constante : elle varie de 21 à 71 p. 100 (= des liqueurs 5/N à 17/N). Quelle est la cause de ce phénomène? Il est probable que l'état de sécheresse ou d'humidité joue un certain rôle. La température ambiante influant sur la vitesse de formation de H.COOH doit également favoriser la production d'une concentration plus élevée. Nous avons tenu à vérifier la *règle de van't Hoff* pour la formation de H.COOH dans le corps des Fourmis. Après quelques expériences infructueuses, nous avons mesuré l'accroissement de la quantité d'H.COOH sécrétée par la Fourmi. L'expérience faite aux températures de 16° et de 40° C. nous donnait un $Q_{10} = 2{,}16$, ce qui corrobore la règle de van't Hoff.

Ce qu'il y a de plus frappant dans la sécrétion si abondante d'acide formique, c'est que les parois de la vessie et du conduit éjaculateur résistent à un acide assez fort d'une concentration si élevée ! Nous nous trouvons ici en présence d'un problème biochimique nouveau, dont l'explication nous échappe complètement.

***

Notre troisième série d'expériences traite le dosage de l'acide formique dans différentes Fourmis. A cet effet, nous avons titré l'acidité d'un extrait aqueux de Fourmis. Le tableau IV réunit toutes nos observations à cet égard.

TABLEAU IV.

ESPÈCES.	PROVENANCE.	QUANTITÉ d'acide formique par individu.	POIDS d'une Fourmi (moyenne).	QUANTITÉ d'acide formique contenue dans 100 gr. de Fourmis.
I. — *Camponotinæ :*				
1. Camponotus ligniperda ☿.	Suisse.	0,0017	0,025	7
2. Formica rufa ☿........	Luxembourg.	0,002	0,011	18
3. — pratensis ☿	—	0,0012	0,01	12,5
4. — truncicola ☿ ...	—	0,00042	0,011	3,8
5. — sanguinea ☿	Suisse.			
	Luxembourg.	0,00035	0,0095	3,6
6. — rufibarbis ☿	Luxembourg.	0,00017	0,0060	2,81
7. — fusca ☿	—	0,00014	0,0039	3,6
8. Lasius flavus ☿	—	0,00012	0,00154	7,8
9. — — ☿	—	0,00046	0,019	2,5
10. — fuliginosus ☿	—	0,0001	0,0043	2,3
11.— Cataglyphis bicolor ☿...	Tunisie.	0,0007	0,0181	3,9
II. — *Myrmicinæ.*				
1. Myrmica rubra.	Luxembourg.	0	»	»
2. Tetramorium cæspitum.	—	0	»	»
3. Messor barbarus.......	Tunisie.	0	»	»
4. Messor spec.?..........	—	0	»	»
5. Acantholepis spec.?.....	—	0	»	»
III. — *Dolichoderinæ :*				
Tapinoma erraticum.....	Luxembourg.			
	Tunisie.	0	»	»

L'inspection du tableau IV nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° La présence de l'acide formique est constante chez les *Camponotinæ* ;

2° Les *Myrmicinæ* et les *Dolichoderinæ* ne sécrètent pas d'acide formique, ou bien n'en produisent qu'en quantités négligeables ;

3° Comme les *Camponotinæ* présentent un organe venimeux à dard rudimentaire et à glandes bien développées, on

est en droit d'affirmer que la sécrétion d'acide formique n'est faite que par ce type d'appareil vénénifique (glande à coussinet, d'après Forel) ;

4° L'action toxique du venin des *Camponotinæ* est due à l'acide formique.

On peut en distinguer deux actions bien différentes :

D'une part : l'*action corrosive* de l'acide qui est fonction de la concentration de l'acide. Cette action est produite par les ions H_I ;

D'autre part : l'*action toxique* proprement dite, liée probablement à l'anion HCOO—, qui exerce une influence nocive sur le système nerveux.

5° Quant au venin des autres sous-familles, chez lesquelles l'acide formique fait défaut, le chimisme nous en reste inconnu. Ce sont peut-être des albuminoïdes spéciaux qui produisent l'action toxique ; ce ne sont que des recherches futures et détaillées qui nous permettront de résoudre ces problèmes.

(Institut national d'hygiène du Grand-Duché de Luxembourg. *Directeur* : Dr A. Praum.)

CLASSIFICATION ET CARACTÈRES DISTINCTIFS ESSENTIELS

DES PYCNOGONIDES

APPARTENANT A LA

SÉRIE DES PYCNOGONOMORPHES

Par M. E.-L. BOUVIER

En 1911, dans une note (1) aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, j'ai montré que les Pycnogonides de la série des Pycnogonomorphes se divisent en deux groupes, suivant qu'ils sont décapodes ou octopodes, que les seconds dérivent vraisemblablement des premiers et qu'ils appartiennent comme eux à deux types : le *type chagriné* où les téguments sont plus ou moins rugueux et sans traces de réseau, et le *type réticulé*, où la chitine est à peu près lisse et présente des travées de coloration différente qui s'anastomosent pour former des mailles. Dans cette même note, je signalais, en outre, quelques espèces nouvelles ou peu connues et je les comparais à d'autres espèces du même groupe ; je n'ai rien à retrancher à cette partie du travail, mais je crois être utile aux zoologistes en publiant le tableau systématique de la série tel que je l'avais dressé à cette époque. Depuis lors, à ma connaissance, on n'a décrit aucune forme nouvelle dans la série, de sorte que ce tableau donne, dans son cadre restreint, une idée assez exacte de la variété et de la distribution des Pycnogonomorphes.

(1) E.-L. Bouvier, Observations sur les Pycnogonomorphes et principalement sur le *Pentapycnon Geayi*, espèce tropicale à dix pattes (*C. R. Acad. des Sciences*, vol. CLII, 491-494, 27 février 1911).

1. — Pycnogonomorphes décapodes : *Pentapycnon* Bouvier 1911.

A. — Téguments chagrinés ; trompe en tonneau puis dilatée en avant ; abdomen fortement claviforme ; longueur du céphalothorax : 17 millimètres .... *Charcoti* Bouvier 1910 (Shetlands du Sud, 420 m.).

A′. — Téguments réticulés ; trompe conique ; abdomen très peu dilaté en arrière ; longueur du céphalothorax : 2mm,7.............................. *Geayi* Bouvier 1911 (Guyane française, littoral).

2. — Pycnogonomorphes octopodes : *Pycnogonum Brünnich 1764*.

A. — Espèces dont les téguments sont chagrinés.

B. — Peu ou pas de tubercules sur les pattes.

C. — Trompe cylindrique, tronquée en avant ; abdomen élargi d'avant en arrière où il est tronqué ; trois séries de tubercules obtus sur le tronc ; tubercule oculaire très petit ; griffe beaucoup plus courte que le propode .... *microps* Loman 1904 (Natal).

C′. — Trompe plus ou moins rétrécie en avant, en cône ou tronc de cône.

D. — Abdomen tronqué carrément en arrière ou échancré, ou très légèrement convexe.

E. — Abdomen cylindrique ; un bourrelet sur le bord postérieur des segments ; trompe en tonneau ; la griffe égale au tiers du propode .... *ungellatum* Loman 1914 (Sagami).

E′. — L'abdomen se dilate d'avant en arrière des tubercules dorsaux.

F. — Trompe conique ; un tubercule sur le céphalon en arrière de l'œil ; griffe plus longue que la moitié du propode .... *littorale* Ström 1762 (de l'ouest de la France aux États-Unis, au Groenland et à la mer Blanche ; la var. *tenue* Slater au Japon ; du littoral à 810 m.).

F′. — Trompe subcylindrique puis rétrécie au bout ; pas de tubercule sur le céphalon en arrière des yeux ; tubercules dorsaux peu saillants, obtus.

G. — Griffe plus courte que la moitié du propode. *Stearnsi* J. E. Ives 1892 (Californie).

G′. — Griffe presque égale au propode .... *magnirostre* Möbius 1902 (Kerguelen, littoral).

E″. — L'abdomen se rétrécit légèrement d'avant en arrière ; trois rangées de tubercules dorsaux en cônes obtus ; griffe égalant au moins la moitié du propode. *Gaini* Bouvier 1910 (Antarctique, Port-Lockroy, 70 m.).

E‴. — L'abdomen en tonneau, la trompe en obus (comme dans *Gaini*) ; pas de tubercules dorsaux ; griffes de *Gaini*........ *magellanicum* Hoek 1898 (Magellan, 75 brasses).

D′. — Abdomen franchement obtus en arrière.

E. — Pas de tubercules dorsaux.

F. — Abdomen cylindrique ou un peu ovoïde ; trompe en obus ou en tonneau ; pas de griffes auxiliaires ; la griffe égale environ la moitié du propode.................. *Cessaci* Bouvier 1911 (îles du Cap-Vert, littoral).

F′. — Abdomen en obus ; trompe en tronc de cône ; des griffes auxiliaires ; griffe plus longue que la moitié du propode. *pusillum* Dohrn 1881 (Naples).

E′. — Des tubercules dorsaux.

F. — Abdomen subcylindrique ; trompe en tronc de cône obtus ; tubercules dorsaux en cônes obtus ; la griffe égale environ la moitié du propode.................. *crassirostre* Sars 1884 (Norvège et Islande ; 0-180 brasses).

F′. — Abdomen très claviforme ; trompe conique ; tubercules dorsaux en baguette ; griffe plus longue que la moitié du propode.............. *occa* Loman 1908 (Ceram, 567-835 mètres).

B′. — Des tubercules forts et nombreux sur les pattes.

C. — Trompe en tronc de cône obtus, avec un tubercule dorsal, et bien plus courte que le céphalothorax qui porte trois rangées de tubercules obtus ; sur les pattes de nombreux tubercules obtus ; abdomen subovalaire.............. *nodulosum* Dohrn 1881 (Naples, Nice).

C′. — Trompe en tronc de cône un peu étranglé au tiers antérieur, aussi longue que le céphalothorax qui porte un rang de petits tubercules dorsaux ; une couronne de saillies spiniformes sur divers articles des pattes, qui sont grêles.......................... ? *claudum* Loman 1908 (Sumbawa, 73 m.).

A′. — *Espèces dont les téguments ont un dessin réticulé.*

B. — Peu ou pas de tubercules sur les pattes.

C. — Trompe en tronc de cône tronqué ; trois rangées de tubercules dorsaux en baguette obtuse ; abdomen subcylindrique, tronqué et égalant la moitié de la longueur du céphalothorax.......................... *mucronatum* Loman 1908 (Sumbawa, 69 m.).

C′. — Trompe en tronc de cône obtus ; un seul rang de tubercules dorsaux qui sont en cône obtus ; abdomen très court n'atteignant pas le bout de la première coxa, dilaté d'avant en arrière, tronqué.................. *madagascariensis* Bouvier 1911 (Madagascar).

B′. — Sur les pattes des tubercules forts et nombreux.

C. — Trompe en tronc de cône régulier et montrant dorsalement, dans son réseau, trois rangées longitudinales d'alvéoles ; le tubercule post-oculaire bien plus petit que les trois suivants, qui sont des cônes élevés ; les tubercules des pattes sont des nodosités larges et basses......... *tumulosum* Loman 1908 (au nord de Waigen, 39-85 m.).

C′. — Trompe conique à la base et subcylindrique en avant ; le tubercule post-oculaire plus grand que les suivants ; tubercules des pattes très élevés, parfois bacilliformes, à bout arrondi .... *cataphractum* Möbius 1902 (banc Agulhas, à mer basse).

J'ai fait entrer dans ce tableau, avec un point d'interrogation, le *Pycnogonum claudum* Loman ; mais cette espèce diffère de tous les autres Pycnogonomorphes par ses pattes grêles et la présence de rudiments de chélicères ; à mon sens, c'est bien plutôt un Ascorhyncomorphe. D'autre part, je signale simplement pour mémoire le *Nymphon australe* Grube 1869, qui est une espèce douteuse connue seulement par sa larve. J'ajoute, d'après les auteurs, que le *P. littorale* Böhm n'est autre chose que le *magnirostre* Möbius et que le *littorale* Nicolet, du Chili, correspond vraisemblablement au *magellanicum.*

En résumé, à l'heure actuelle, la série des Pycnogonomorphes compte dix-huit espèces parfaitement établies, dont deux décapodes ou *Pentapycnon*, et seize octopodes constituant le genre *Pycnogonum*. Ce dernier genre est répandu dans toutes les mers, tandis que le premier n'est connu que dans les mers antarctiques et dans les eaux tropicales de la Guyane. Mais, si l'on songe que, depuis le début du siècle, le groupe s'est enrichi de treize espèces (treize sur dix-huit), on doit s'attendre à le voir s'enrichir bien plus encore. Toutefois cet accroissement de richesse ne semble pas devoir porter sur nos mers européennes, dont les quatre espèces, deux pour la Méditerranée (*Pycn. pusillum* Dohrn et *nodulosum* Dohrn) et deux pour les mers plus septentrionales (*Pycn. littorale* Ström et *crassirostre* Sars) sont connues depuis longtemps.

OBSERVATIONS SUR LA LOCOMOTION

CHEZ L'OCYPODE CHEVALIER

(*OCYPODA HIPPEUS* Olivier)

Par Ch. GRAVIER

Les Ocypodes sont des Crabes qui, pour la plupart, habitent les régions chaudes du globe. D'ordinaire, ils vivent ensemble en grandes compagnies, et beaucoup d'entre eux ont l'habitude de creuser dans le sable humide, presque au niveau des plus hautes eaux, des terriers longs et tortueux, où ils se retirent à la moindre alerte. Ils ne s'éloignent guère de leur terrier; mais, s'il leur arrive de s'en écarter trop et de ne pouvoir y retourner sans danger, ils courent à la mer avec une grande rapidité, et c'est, du reste, à la célérité de leur allure, — qui a vivement frappé tous les voyageurs naturalistes, — qu'ils doivent leur nom (1). Bien que leurs terriers puissent n'être que des constructions temporaires, chaque Ocypode, parmi toutes les espèces étudiées par A. Alcock (2), paraît tenir énergiquement au sien.

Ces Crabes possèdent un appareil stridulant (3) étudié surtout par A. Alcock (4) et par A. R. Anderson (5). A la face interne de la main de la grande pince, est une crête striée qui frotte sur un rebord saillant du second article de la même

(1) De ὠκύς, prompt; πούς, ποδός, pied.

(2) A. Alcock, *Materials for a Carcinological Fauna of India*, n° 6; — The Brachyura Catomotepa or Grapsoidea (*Journ. saiat. Soc. of Bengal*, n° 3, 1900, p. 344).

(3) A. Ortmann dans sa revision des espèces du genre *Ocypoda* (*Zool. Jahrb., Abt. für System.*, etc., Bd. X, 1897-1898, p. 359), ne mentionne l'absence de l'organe stridulant que chez l'*Ocypoda cordimana* Desmarets.

(4) A. Alcock, On the stridulating Apparatus of the Red Ocypod Crab (*Ann. and Magaz. of nat. Hist.*, 6th ser., vol. X, 1892, p. 336).

(5) A. R. Anderson, Notes on the sound produced by the Ocypod Crab, *Ocypoda ceratophthalma* (*Journ. asiat. Soc. of Bengal*, vol. LXIII, part II, 1894, p. 138).

paire de pattes. Alcock pense que, lorsque l'animal s'est retiré dans son refuge, il se sert de son appareil stridulant pour indiquer que le terrier est occupé et empêcher ainsi, autant que possible, quelque intrus du même troupeau d'y pénétrer.

Quand il n'est pas excité mécaniquement, ni chimiquement, qu'il n'est pas à l'état de fatigue (1), le Crabe enragé de nos côtes (*Carcinus maenas* L.) se déplace, en général, latéralement et obliquement, par rapport à son plan de symétrie considéré dans la position initiale de l'animal, avant le départ ; la face ventrale est tournée vers le sol. C'est ainsi que paraissent se mouvoir bon nombre de Brachyures qui fréquentent notre littoral.

En 1906, à l'île San Thomé, située à l'équateur, au fond du golfe de Guinée, j'ai pu observer un tout autre mode de locomotion chez l'Ocypode chevalier [*Ocypoda hippeus* (Olivier)] (2), dont j'ai rapporté deux spécimens, l'un de Fernão Diaz, l'autre de Bella Vista (3). C'était en juillet, en saison sèche et hivernale, par conséquent, à Fernão Diaz, dont la plage, formée par un sable fin, homogène, très meuble, de couleur claire, s'étend en pente douce, de la limite des cultures à la mer. Sur cette plage, les Ocypodes chevaliers n'étaient pas rares, en plein jour, au début de l'après-midi. On ne les y voyait cependant pas se déplacer en troupes nombreuses, comme le font beaucoup de leurs congénères. Leur carapace avait exacte-

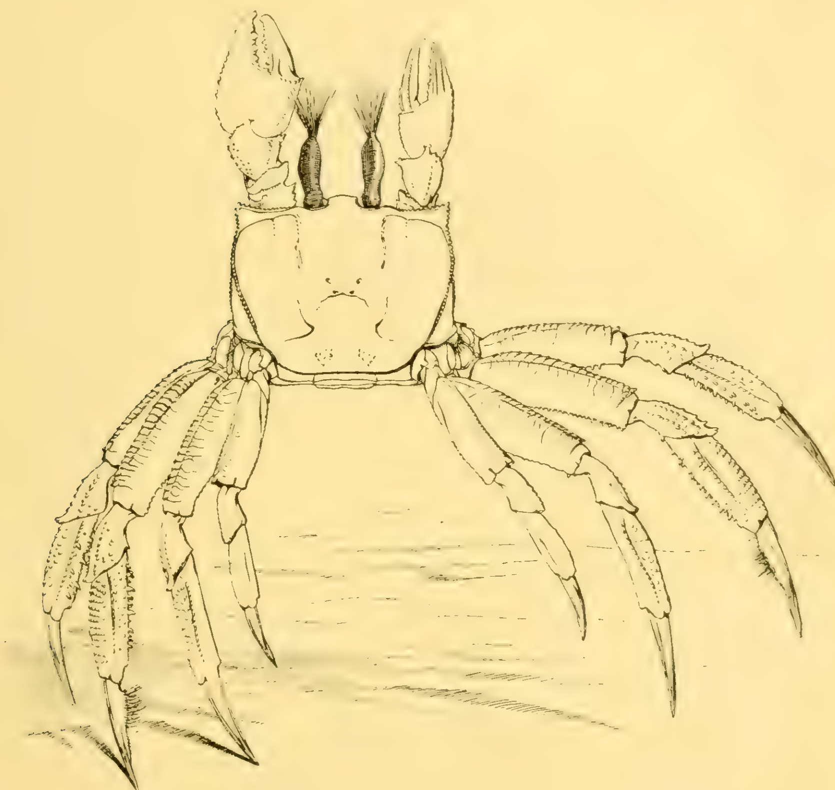
(1) Voir à ce sujet : A. Drzewina, Les réactions adaptatives chez les Crabes (*Inst. génér. psychol.*, n° 3, 8e année, 1908, p. 235-254, 6 fig. dans le texte).

(2) *Ocypoda hippeus* et non *Ocypoda ippeus* (comme l'ont écrit à tort plusieurs auteurs), d'après l'étymologie de ce mot, d'origine grecque. Ce Crabe est très brièvement caractérisé ainsi par Olivier (Voyage dans l'Empire othoman *(sic)*, l'Égypte et la Perse, t. II, 1804, p. 235, Pl. XXX, fig. 1) : *Ocypoda ippeus, thorace quadrato, scabro, antice utrinque angulato, oculis penicillo terminatis.* Au bas de la planche XXX, on lit : 1. Crabe chevalier. Dans l'explication des planches de l'Atlas correspondant à la seconde livraison, on lit (Pl. XXX, fig. 1) : Crabe cavalier, *Cancer hippeus (sic)* d'Égypte et de Syrie.

A. Ortmann [Carcinologische Studien (*Zool. Jahrb., Abt. für Syst.*, etc., Bd. X, 1898, p. 368)] identifie l'*O. cursor* [nec *Cancer cursor = Ocypoda ceratophthalma* (Herbst)] à l'*Ocypoda hippeus* Olivier, qui existe dans la Méditerranée orientale et sur les côtes de l'Afrique occidentale, jusqu'à l'Angola.

(3) E.-L. Bouvier, Sur une petite collection de Crustacés (Décapodes et Stomatopodes) recueillis par M. Ch. Gravier à l'île San Thomé (Afrique occidentale) (*Bull. Mus. Hist. nat.*, t. XII, 1906, p. 497).

ment la teinte gris clair du sable. Je m'approchai de l'un de ceux que l'on voyait courir tranquillement sur la plage. Ce Crabe s'arrêta net et se mit aussitôt en garde en relevant ses



Attitude prise par l'Ocypode chevalier courant à une vive allure (Mlle M. Vesque, d'après un croquis de M. Gravier).

Le corps, dressé verticalement, est comme perché sur les pattes ambulatoires à l'état d'extension complète et dont les deux moyennes seulement, les plus longues, touchent le sol à un moment donné, alternativement à gauche (comme dans la figure) et à droite. Le déplacement du corps se fait latéralement, c'est-à-dire plus ou moins normalement au plan de symétrie de l'animal. Les yeux pédonculés munis chacun, à leur extrémité, d'un pinceau de longs poils, sont dressés parallèlement l'un à l'autre, de même que les pattes antérieures aux pinces robustes et inégales.

yeux assez longuement pédonculés, logés, comme on le sait, dans une fosse située au bord antérieur de la carapace, de chaque côté du front ; en même temps, il tendait ses pinces dans ma direction, de manière menaçante, prenant cette attitude de défense que l'on observe chez le Crabe enragé de nos côtes, quand il est excité et prêt à combattre. Puis je m'appro-

chai à nouveau de lui, lentement et silencieusement, pour essayer de le capturer, mais j'étais encore à plus d'un mètre de lui que je le vis changer brusquement d'attitude et s'éloigner au plus vite. Le corps s'était dressé verticalement, soutenu par les quatre paires de pattes ambulatoires, à l'état d'extension complète et reposant sur le sol, et comme perché sur de longues échasses ; les pédoncules oculaires, munis de leurs pinceaux terminaux de poils, étaient également dressés, parallèlement l'un à l'autre. Les pattes antérieures, aux pinces inégales, mais robustes, avaient pris la même position. Les pattes ambulatoires étaient presque toutes situées dans le même plan. Aussitôt cette attitude prise, l'animal s'enfuit à une allure extrêmement rapide, — bien supérieure à celle des Crabes de nos côtes quand ils sont effrayés, — en ligne droite, perpendiculairement à son plan de symétrie au départ. Il semblait voler à la surface du sable, qui était simplement effleurée par les extrémités effilées des doigts ou griffes terminales des pattes ambulatoires. Les extrémités de ces appendices de la seconde et de la troisième paire, qui sont un peu plus longs que les autres, paraissaient seules toucher le sol successivement d'un côté et de l'autre du corps. Il ne serait pas prudent d'être absolument affirmatif à cet égard, à cause de la vitesse de déplacement de l'animal. Il faudrait pouvoir cinématographier l'animal à la course, — ce qui ne serait pas facile, — et étudier ses mouvements ralentis, comme on l'a fait pour beaucoup de mouvements rapides. En tout cas, les pattes ambulatoires situées du côté du départ se substituaient, dans un rythme très rapide, à celles du côté opposé pour faire avancer l'animal dans le plan où il se déplaçait, ce plan avait une orientation quelconque par rapport au bord de la mer, que l'animal ne cherchait pas à rejoindre par le chemin le plus court. Il me fut impossible de suivre, en courant de toutes mes forces, le Crabe lancé à cette allure. Les deux jeunes noirs de l'Angola (1) qui m'accompagnaient dans mes excursions, plus agiles que moi, n'y réussissaient guère mieux, car

(1) A l'époque où je me trouvais à San Thomé (1906), les merveilleuses plantations de cette île équatoriale étaient presque entièrement cultivées par des nègres de l'Angola.

ils ne purent capturer qu'un seul des exemplaires que nous rencontrâmes sur la plage de Fernão Diaz (1).

Lorsque le Crabe ainsi lancé avait parcouru une longueur que j'estime à une vingtaine de mètres, il s'enfonçait soudainement dans le sable fin et sans consistance où il vivait ; il y disparaissait sans laisser de trace reconnaissable à la surface, qui n'était pas unie. J'ai bien essayé, mais en vain, de le capturer au point où il m'avait semblé qu'il s'était enfoui ; il est fort probable qu'il se déplaçait aisément dans ce sable fin et homogène.

Il faut remarquer que l'animal, ainsi dressé verticalement sur ses pattes étendues en arrière, se trouve en équilibre instable ; il lui serait impossible de s'y maintenir au repos. Mais il semble bien que c'est dans cette position instable qu'il présente, dans le sens de sa marche, le minimum de surface et, par suite, qu'il éprouve le minimum de résistance dans les couches d'air qu'il traverse.

Pour parcourir à une grande vitesse une piste d'une telle longueur, dans une attitude anormale, absolument instable et par conséquent pénible, le Crabe doit faire et soutenir un effort considérable ; il est probable que c'est seulement quand il est épuisé qu'il s'arrête et s'enfonce dans le sable. A. Drzewina a remarqué que, lorsqu'on poursuit un Grapse, il s'éloigne au plus vite, beaucoup plus rapidement que le Crabe enragé de nos côtes ; mais il se fatigue au bout de très peu de temps. Quand il a parcouru quelques mètres, il est exténué, il s'arrête et peut être alors facilement capturé (2).

A. Alcock rapporte que les Ocypodes de l'océan Indien qu'il a pu observer vivants demeurent assez près de leur terrier, mais que, s'il leur arrive de s'en éloigner trop et d'en être coupés, ils courent à la mer avec une merveilleuse rapidité. Il

(1) Cette attitude étrange prise par l'Ocypode effrayé et en fuite rappelle, dans une certaine mesure, celle que présente le Crabe enragé (*Carcinus maenas* L.) dans la position de défense et aussi les attitudes décrites et figurées par Siedlecki dans son ouvrage si artistement illustré sur Java (Jawa, Varsovie, 1913) pour certains Insectes (*Deroplatys desiccata*, p. 179, et *Mantis laticollis*, p. 180), que M. G. Bohn m'a fort obligeamment communiqué.

(2) A. Drzewina, Quelques observations sur l'autotomie des Crustacés (*Bull. Soc. biol. Arcachon*, 1909, 12e année, p. 9).

n'en est pas de même pour les Ocypodes chevaliers que j'ai rencontrés à San Thomé. Je dois dire, d'ailleurs, que, dans le sable si fin et si inconsistant de la plage de Fernão Diaz, je n'ai pas vu trace d'un seul terrier, au niveau le plus élevé atteint par les eaux à mer haute, où sont situées d'ordinaire ces constructions ; je n'en ai point vu davantage plus haut, ni plus bas; mais je ne puis cependant pas affirmer que l'Ocypode chevalier n'en creuse pas. Si vraiment il ne se ménage pas de refuge souterrain, l'appareil stridulant aurait une autre fonction que celle d'organe avertisseur ; c'est ce que présumait le savant carcinologiste A. Alcock, qui lui attribue hypothétiquement ce rôle.

LES CARACTÉRISTIQUES DES OISEAUX SUIVANT LE MODE DE VOL

LEUR APPLICATION A LA CONSTRUCTION DES AVIONS

OUVRAGE SUBVENTIONNÉ PAR LE SOUS-SECRÉTARIAT DE L'AÉRONAUTIQUE

Par A. MAGNAN

DIRECTEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES

SOMMAIRE

INTRODUCTION

But du mémoire. — Méthodes d'expérience.

Le vol des Oiseaux a, depuis fort longtemps, intéressé les esprits curieux de comprendre la nature, mais c'est surtout de nos jours que, l'esprit scientifique s'étant développé chez les biologistes comme ailleurs, des recherches plus précises ont été entreprises en vue de découvrir les lois de la locomotion aérienne spéciale à certains groupes d'animaux. En France comme à l'étranger, on s'est livré avec passion à l'étude des organes du vol chez les Oiseaux en particulier, et nombreux sont déjà les auteurs qui ont publié le résultat de leurs travaux, les uns sur la surface alaire, les autres beaucoup plus

rares, sur des parties de l'organisme des Oiseaux utilisées au cours du vol, telles que la queue et les muscles moteurs de l'aile par exemple.

Mais, ainsi que l'a fort bien fait remarquer Marey (*69*) en 1890, si l'on trouve dans divers auteurs des renseignements intéressants, il est regrettable qu'on soit obligé de puiser à tant de sources lorsqu'on désire approfondir la question. Le grand savant français estimait alors que les éléments épars gagneraient pour le moins à être réunis, parce qu'ils prépareraient beaucoup mieux aux études expérimentales. En effet, les interprétations qui étaient données n'avaient pas permis jusque-là de retirer de ces travaux des lois vraiment générales. Bien des faits n'avaient pas été observés ou n'avaient pas retenu l'attention, qui méritaient cependant de ne pas être laissés de côté.

C'est précisément parce qu'aucun travail d'ensemble n'avait encore été fait sur les caractéristiques des Oiseaux et sur leur rapport avec le mode de vol, que j'ai été amené tout naturellement, il y a près de quinze ans, à me préoccuper du problème de l'adaptation des organes à la vie aérienne chez les Oiseaux, à la suite des études que j'avais déjà effectuées concernant l'influence du milieu ambiant sur la morphologie interne et externe des Vertébrés.

L'anatomie comparée nous montre que, parmi les Vertébrés, la classe des Oiseaux constitue un groupe très homogène et que les ordres qui ont été créés sont en somme basés sur des différences qu'il est possible d'expliquer par les genres de vie actuels. Toutefois, cette impression est plutôt le fait d'une approximation que le résultat de mesures précises, et l'on peut se demander si elle serait modifiée dans le cas d'un examen plus approfondi du sujet.

Persuadé que le corps plastique de l'Oiseau, son fuselage et ses surfaces portantes, ne peuvent être que la conséquence du modelage occasionné par la résistance de l'air qui oppose au déplacement une force considérable, j'ai effectué méthodiquement des recherches organométriques sur un grand nombre d'Oiseaux dans le but de montrer expérimentalement que les caractéristiques des Oiseaux étaient liées au mode de

vol et afin de voir si les différences dont on s'était servi pour créer des ordres tenaient au moins en partie au genre de locomotion aérienne utilisé.

J'ai envisagé le sujet avec une ampleur inusitée, et j'ai fait porter mes études et mes dissections sur 494 Oiseaux, appartenant à 223 espèces, depuis les grosses espèces comme le Vautour, le Gypaète, l'Outarde barbue, l'Albatros, jusqu'aux plus petites comme le Troglodyte, le Roitelet et l'Oiseau-Mouche. J'estime en effet que l'abondance des données représente un élément important pour la réussite d'un tel travail, car elle donne aux résultats plus de certitude, elle permet d'apporter tous les éclaircissements et de mieux apprécier le phénomène. J'ai pu rassembler ainsi 21 740 données numériques, dont la combinaison m'a fourni 30 130 rapports, qui feront l'objet d'une publication spéciale, étant donnée leur trop grande étendue.

Dans mes recherches, je me suis entouré de toutes les garanties possibles. Pour éviter de graves erreurs, j'ai délaissé volontairement les Oiseaux qui avaient fait un séjour prolongé en cage, surtout joint à un changement de régime alimentaire. Les uns sont engraissés de façon exagérée. Les autres deviennent rapidement d'une maigreur considérable, dont on se rend compte lorsqu'on les déplume ; tel est le cas pour les Piscivores, qui ne s'habituent que difficilement à la perte de leur liberté et qui refusent fréquemment la nourriture qu'on leur offre; tel est le cas aussi pour les vrais Insectivores, qui ne peuvent être nourris faute d'aliments appropriés, si bien qu'ils maigrissent très vite et perdent en très peu de temps le tiers de leur poids normal. Les comparaisons que l'on effectue dans ces conditions entre les dimensions de l'animal et son poids sont donc mauvaises. J'ai disséqué et étudié cependant un certain nombre d'Oiseaux à régime spécial, morts de faim, à titre documentaire, et j'ai pu ainsi me faire une idée des chiffres extraordinaires que l'on trouve en raison de leur amaigrissement.

Tous les Oiseaux qui ont été utilisés pour le présent travail étaient en excellent état de santé. Ils ont été mensurés et disséqués aussitôt après leur mort, à l'état de nature. Je les

ai pesés de façon précise, et j'ai pris mes mesures avec le plus d'exactitude possible afin de posséder des chiffres indiscutables, susceptibles d'être comparés utilement à ceux publiés par mes prédécesseurs, afin aussi de démasquer certaines envergures immenses et certains poids exagérés qui ne correspondent pas à la réalité et qui, dans l'état actuel de la question, ne sont plus acceptables. Ainsi LEGAL et REICHEL (*38*) parlent d'un Épervier pesant 766 grammes et d'un Goéland cendré pesant 720 grammes. Il s'agit certainement d'autres espèces, car l'Épervier le plus lourd que j'ai eu pesait 251 grammes et le Goéland cendré le plus gros que j'ai trouvé 386 grammes. J'estime qu'il est indispensable d'éviter de telles erreurs et que, pour de telles études, l'extrême précision dans la nomenclature des espèces examinées a au contraire une importance prépondérante. Depuis près de vingt années, je poursuis des recherches sur les Oiseaux. J'ai observé dans la nature et disséqué soit pour mes travaux sur l'influence du régime alimentaire, soit pour mes travaux sur le vol, environ douze cents individus répartis en près de trois cents espèces. J'ai acquis ainsi des connaissances particulières qui m'autorisent à affirmer que les dénominations spécifiques dont je me sers se rapportent bien effectivement aux espèces que j'ai eues entre les mains.

Je n'ai tout d'abord effectué aucune classification parmi les Oiseaux que j'examinais, car je désirais agir sans idée préconçue ; je désirais me laisser imposer les conclusions par les données numériques elles-mêmes. J'ai dressé pour chaque individu une sorte de graphique sur lequel je portais la valeur des rapports concernant chacun des organes du vol évalué par son poids relatif, sa longueur ou sa surface relatives. J'ai obtenu ainsi des images fortement visuelles (fig. 1) permettant une comparaison plus commode des données numériques entre elles. C'est ainsi qu'en confrontant mes diverses feuilles il m'est apparu de suite que la valeur relative de la surface alaire et celle des muscles pectoraux sont inverses. Moins il y a de surface portante, plus le moteur est gros chez les Oiseaux, et réciproquement. Un examen plus détaillé de mes fiches m'a conduit aussi à déterminer si cette inversion est

toujours vraie et à préciser dans quelles conditions elle ne l'était plus.

De plus, la comparaison sur tous mes graphiques de l'en-

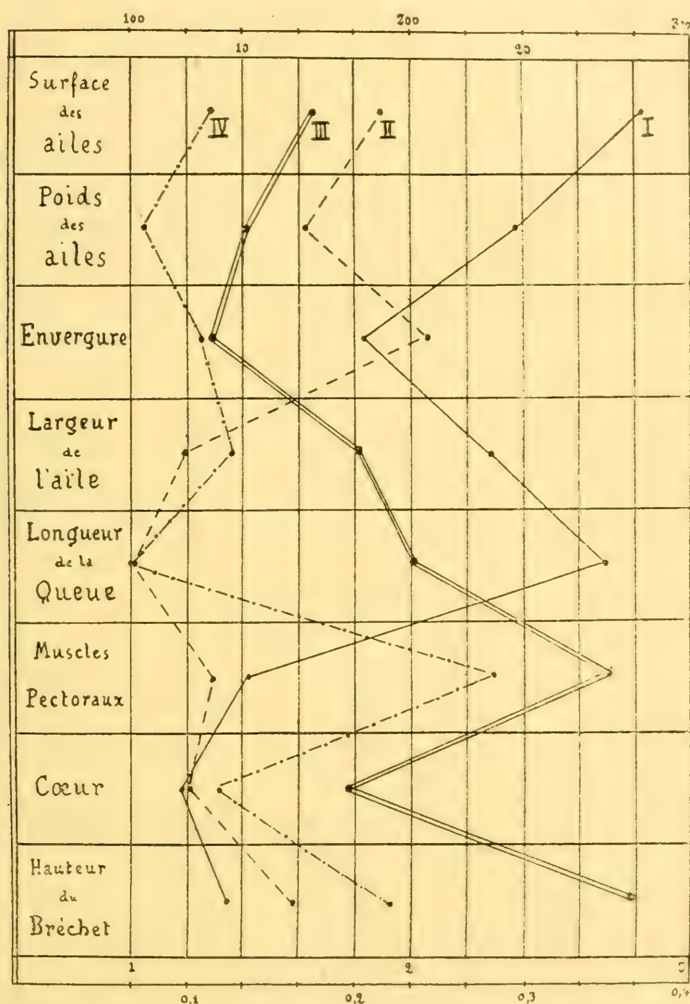


Fig. 1. — Type de fiches signalétiques superposées indiquant les quantités ou dimensions relatives des organes. — I. Gypaète barbu, *Gypaëtus barbatus grandis* Storr. Poids : 5 385 gr. — II. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L. Poids : 8 502 gr. — III. Pigeon ramier, *Columba palumbus* L. Poids : 495 gr. — IV. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* L. Poids : 1 105 gr.

vergure et de la largeur relative de l'aile, de la longueur relative de la queue m'a amené à constater que ces quantités relatives se groupaient en une série de lots dans lesquels une

grande envergure s'allie à une grande largeur d'aile ou à une petite largeur d'aile, à une queue longue ou courte, à de gros ou à de petits muscles pectoraux, et qui représentaient, à part certaines exceptions faciles à expliquer, des groupes naturels très fixes et, à peu de chose près, les ordres naturels d'Oiseaux ou des sections dans ces ordres.

Il me restait à voir si ces groupes étaient formés d'individus doués d'un même genre de vol et pour cela à comparer ces groupes à ceux que l'on obtient lorsqu'on réunit ensemble tous les Oiseaux pratiquant un même mode de vol.

CHAPITRE PREMIER

Les divers modes de vol des Oiseaux.

Le vol battu. Mécanisme du coup d'aile. Sustentation et progression horizontale et oblique de l'Oiseau. Modalités dans le vol battu. Fréquence des battements suivant les groupes et temps de planement. Le vol à voile et ses divers types. Étude du vent ascendant et du vent horizontal à variations de vitesse. Structure du vent utilisé par les Oiseaux voiliers marins. Mécanisme du vol à voile par vent horizontal coupé de rafales. Le classement des Oiseaux suivant la qualité de leur vol.

En même temps que je mensurais et disséquais mes Oiseaux, j'ai tenu à observer, avec attention, le mode de vol des différentes espèces que j'étudiais. Je considère qu'il est impossible de mener à bien une recherche sur l'adaptation des formes d'Oiseaux à toutes les conditions de la vie aérienne si l'on ne joint pas au travail considérable des mensurations les observations nécessaires sans lesquelles l'interprétation devient impossible, et sans lesquelles nul n'est capable d'effectuer une œuvre scientifique au sens propre du mot. C'est probablement par suite d'une préparation insuffisante pour de telles études que bien des auteurs, délaissant la nature, ont été amenés à émettre des théories qui ne correspondent pas à la réalité. Pour ne pas être exposé à tirer de mes chiffres des conclusions erronées, j'ai parcouru les plaines, j'ai visité les bois, j'ai côtoyé les rivages, j'ai voyagé en mer. Je me suis même rendu trois fois en Tunisie et en Tripolitaine, afin de chercher à définir sur place et par moi-même le genre du vol de chacun des individus que j'examinais. Je ne puis donner ici tout le détail de ces observations. Je ne pourrai pas davantage analyser ici toutes celles qui ont été faites par d'autres auteurs, parce qu'une telle analyse sortirait du cadre de ce travail, qui vise surtout à la différenciation des caractéristiques des Oiseaux. Je relaterai, par contre, les conclusions précises qui découlent de mes multiples observations, en même temps

que je les comparerai à celles qui ont été publiées antérieurement sur le même sujet.

Je me suis rendu compte rapidement qu'il existe chez les Oiseaux une grande variété de vol, mais j'estime que, si l'on ne veut pas compliquer le problème, il est raisonnable de ramener ces modes de vol à deux types : le vol ramé ou battu (1) et le vol à voile, en indiquant cependant qu'on trouve dans la nature tous les passages d'un genre de vol à l'autre, l'un d'eux prédominant toutefois dans la vie de l'individu.

Le vol ramé consiste en coups d'ailes successifs que donnent les Oiseaux ; mais ceux-ci le pratiquent plus ou moins, suivant les espèces. Presque tous les Carinates sont capables de battre des ailes et de se soutenir dans l'air par ce moyen. On sait depuis longtemps que les Oiseaux, avant de s'envoler, cherchent pour la plupart à acquérir, le bec au vent, une vitesse préalable en courant sur terre comme le Vautour, la Cigogne, l'Outarde ou à la surface de l'eau, comme l'Albatros. D'autres, dans le but d'avoir la liberté de leurs mouvements alaires, sautent en l'air à une assez grande hauteur comparativement à leur taille, comme les petits Échassiers, les Gallinacés, les Passereaux. D'autres enfin, afin de posséder la vitesse acquise nécessaire pour leur envolée, se laissent tomber, d'un lieu élevé, comme les Autours, les Faucons, les Martinets. Au moment de ces départs, toutes les espèces battent plus ou moins violemment des ailes pour aider à l'essor et trouver un point d'appui dans l'air. Ce sont là des faits connus et que j'ai observés personnellement.

Un grand nombre d'Oiseaux, appartenant à tous les ordres depuis les Rapaces jusqu'aux Palmipèdes, pratiquent exclusivement le vol ramé au cours de leur vie aérienne. Pour beaucoup, ce mode de vol est l'habitude; il est, si l'on peut dire, continu.

Il n'est pas sans intérêt, pour une telle étude, de préciser ce qu'est le vol ramé qui semble tout d'abord très facile à com-

(1) On a proposé la suppression du terme vol ramé, parce qu'il ne correspond pas à la réalité, l'aile ne fonctionnant pas comme une rame, ainsi qu'on l'admettait autrefois. Il est certain que le terme vol battu est plus expressif, mais pas assez, à mon avis, pour exclure le premier, que je continuerai à employer au cours de ce mémoire.

prendre, mais qui, à l'analyse, se révèle beaucoup plus compliqué qu'on ne le pensait. On a dit souvent que les Oiseaux volent en frappant l'air de leurs ailes. Si ce phénomène peut être considéré comme la cause réelle de la sustentation, il n'explique pas du tout la progression horizontale.

On a longtemps cru que, lorsque l'aile s'abaisse, elle frappe l'air de haut en bas et d'avant en arrière. En se basant sur ce qu'il pensait être l'expression de la vérité, FABRICE D'ACQUAPENDENT (*22*) comparait le mouvement de l'aile à celui d'une rame. Il y a un peu plus d'un demi-siècle, R. OWEN (*75*) considerait encore que le coup donné de haut en bas ne produit que l'ascension de l'Oiseau et que, pour le pousser en avant, les ailes doivent se placer obliquement de manière à frapper en arrière et en bas.

Les conclusions de mes observations et de mes expériences sont tellement nettes que j'ai été amené à décomposer les mouvements des ailes pendant le vol ramé de la façon suivante. Les ailes, d'abord relevées presque verticalement et le plus généralement assez rapprochées l'une de l'autre, se portent d'abord nettement en avant par leurs pointes, puis elles s'abaissent et frappent alors un coup brusque pour trouver un point d'appui sur l'air. Pendant cet abaissement, elles restent largement déployées; leurs faces inférieures regardent d'abord en bas, jusqu'à ce que leurs plans soient à angle droit avec l'axe du corps, puis elles s'inclinent un peu en avant. Aussitôt que les ailes ont leur point d'appui, l'Oiseau, se servant de celles-ci comme de deux béquilles reposant sur un terrain solide, se projette en avant, exécutant un véritable saut dans l'espace. A la fin de cette projection, les ailes qui ont exécuté un petit mouvement vers l'arrière, ont leur face inférieure qui se tourne de plus en plus en avant ; la partie appelée éventail, comprise entre le carpe et le corps, reste étalée et inclinée vers l'avant, tandis que le fouet, c'est-à-dire la portion de l'aile située en dehors de la main, commence à se replier. A ce moment se produit la remontée des ailes. Les bras et avant-bras, toujours largement déployés, se relèvent ; leur grand axe dirigé obliquemment vers le bas se trouve bientôt horizontal ; pendant tout ce temps, la face inférieure de

l'éventail regarde de plus en plus dans le sens de la marche de l'Oiseau, tandis que le fouet, qui s'est replié, suit le mouvement, sa pointe dirigée vers l'arrière et en bas. Les bras et avant-bras, toujours tendus, continuent à se relever ; les rémiges du fouet s'étalent alors nettement en tournant leur face inférieure vers l'avant. Enfin le déploiement et le rapprochement des ailes s'effectuent lorsque les membres supérieurs sont pour ainsi dire verticaux ; ce mouvement exécuté, le plan des rémiges apparaît comme parallèle au grand axe de l'Oiseau. Puis le même manège se reproduit (fig. 2). On pourra encore mieux se rendre compte des variations d'inclinaison que subit le plan des ailes au cours d'un battement par l'examen de la figure 3.

Le corps, après le brusque abaissement des ailes, est élevé et projeté en avant ; il acquiert donc une vitesse déterminée par cette sorte de saut, vitesse qui diminue un peu avant la fin de la remontée des ailes pour s'accroître à nouveau après l'abaissement. L'Oiseau se trouve en fait et se place dans des conditions identiques à celles d'un Homme qui se servirait de béquilles. Le corps, chez l'Oiseau, comme chez l'Homme, s'élève dès que le point d'appui est pris, puis est lancé en avant. Ensuite il retombe. Pendant ce temps, on peut dire qu'il est mobile par rapport aux membres supérieurs, et il est certain que dans les deux cas les muscles pectoraux et thoraciques interviennent pour aider le corps à se soulever et à se lancer en avant. En ce qui concerne l'Oiseau, ce sont ces muscles seuls qui ont pour rôle de fournir la force nécessaire pour permettre le saut de l'animal dans l'air. Ce saut, l'Homme qui béquille le provoque surtout au moyen d'un coup de pied sur le sol, mais il peut l'exécuter difficilement, il est vrai, comme j'ai pu m'en rendre compte, si ses béquilles ne sont pas trop éloignées du corps, en fixant énergiquement ses mains sur celles-ci, les bras complètement étendus et en se servant uniquement et énergiquement des muscles reliant la cage thoracique aux membres supérieurs. C'est exactement de cette manière que l'Oiseau effectue sa progression dans l'espace au cours du vol ramé, et c'est pourquoi il décrit dans l'air une trajectoire d'allure horizontale,

mais qui en fait est ondulée et composée de relèvements et d'abaissements alternatifs. Cette théorie n'est pas le fait



Fig. 2. — Positions diverses des ailes au cours d'un battement. — 1. Au début de l'abaissée des ailes [Effraye, *Tyto alba* (L.)]. — 2. Au milieu de l'abaissée des ailes [Hobereau (*Falco subbuteo* L.)]. — 3. A la fin de l'abaissée des ailes [Sterne naine, *Sterna albifrons* Pall]. — 4. Au commencement de la remontée des ailes [Épervier, *Accipiter nisus* (L.)].

d'une simple conception de l'esprit ; elle résulte non seulement de l'examen des films cinématographiques ralentis, mais de l'observation directe et des photographies que j'ai prises de volateurs comme les petits Goélands, les Ramiers dont les battements d'ailes ne sont pas d'une fréquence exagérée, et que l'on voit facilement sautiller à chaque coup d'ailes.

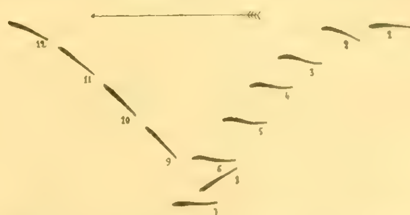


Fig. 3. — Positions et inclinaisons successives du plan d'une aile (représenté par la section antéro-postérieure au niveau du carpe) au cours d'un battement : 1 à 8, abaissée ; 8 à 12, remontée.

Le nombre de ces oscillations à la seconde est en rapport direct avec le nombre des battements. Plus ceux-ci sont répétés, plus les relèvements

et abaissements alternatifs sont répétés eux aussi dans la même proportion.

Ce schéma général du vol ramé s'applique à tous les Oiseaux rameurs. Tous progressent en effet dans l'air par le moyen que j'ai décrit. Les différences que l'on constate dans le vol tiennent uniquement à la fréquence des battements et à l'intermittence qui se produit entre ceux-ci. Il n'existe pas des vols ramés, mais un seul vol ramé avec des modalités diverses. Ce point avait un intérêt particulier à être bien précisé pour la compréhension de mes études et comparaisons organométriques.

Ma description de la progression horizontale de l'Oiseau n'est d'ailleurs pas en désaccord avec celles fournies par la plupart des observateurs modernes. Strauss-Durckheim (*85*), le premier, a dit que l'aile en s'abaissant se porte en avant et non en arrière. Pettigrew (*79*) et Marey (*69*) ont soutenu la même opinion. Pettigrew a affirmé en outre que l'aile, soit qu'elle s'abaisse, soit qu'elle se relève, présente toujours sa face inférieure en avant.

Alix (*1*) a résumé ainsi les mouvements de l'aile.

1° L'aile en s'abaissant se porte d'abord plus ou moins en avant pour choisir son point d'appui et ensuite elle frappe de haut en bas et d'avant en arrière le coup brusque, instantané, qui fait sauter l'Oiseau.

2° Lorsque l'aile commence à s'abaisser, sa face inférieure regarde en avant ; mais, à mesure qu'elle s'abaisse, sa face inférieure se tourne d'abord de plus en plus directement en bas et ensuite de plus en plus en arrière ;

3° Pendant que l'aile se relève, elle se dirige, en haut et en avant, et sa face inférieure regarde en avant et en bas.

Ces propositions approchent de la vérité, sauf en ce qui concerne l'existence du coup donné d'avant en arrière pendant l'abaissement. A la fin de celui-ci l'aile revient bien un peu en arrière, mais le coup de fouet est déjà donné.

Marey (*69*) a de son côté fort bien précisé les oscillations verticales des Oiseaux. Des applications de sa méthode graphique à l'étude du vol, il a tiré les conclusions suivantes, entre autres. Les mouvements de l'aile s'accompagnent de

réactions sur le corps de l'Oiseau. Des réactions verticales de très faible amplitude s'observent chez certaines espèces (Canard) au moment de l'abaissement de l'aile et au moment de sa remontée. Chez les Oiseaux à grandes ailes et à battements lents, les réactions sont fortes pendant l'abaissement des ailes, presque nulles pendant leur remontée. Des réactions analogues s'observent dans le sens horizontal : elles consistent en accélérations et ralentissements de la progression de l'Oiseau. Ces réactions se combineraient entre elles de la manière suivante : l'abaissement de l'aile soulève et en même temps propulse le corps de l'Oiseau. L'élévation de l'aile, lorsqu'elle produit le soulèvement ou seulement la suspension de l'Oiseau, s'accompagne d'une perte correspondante de vitesse. Dès lors, on serait en droit d'admettre que cette élévation se fait aux dépens de la vitesse de l'Oiseau, qui se soutient en présentant ses ailes contre l'air, à la manière d'un cerf-volant, et par un mécanisme analogue à celui qui produit la ressource des Oiseaux de proie.

Houssay (*32*) a montré à son tour que le corps de l'Oiseau décrit en plein vol un mouvement oscillatoire dont les abaissements sont passifs, alors que les relèvements sont dus à l'action des muscles pectoraux et thoraciques qui prennent appui sur l'axe d'attache des ailes, ce qui est parfaitement vrai. C'est autour d'un tel axe que le corps se déplacerait de façon rythmique ou vibratoire, qu'il battrait comme battent simultanément les ailes autour du même axe. Dans ces conditions, les ailes ne battraient que par contre-coup des mouvements du corps ; trop peu larges, n'offrant pas assez de résistance, elles s'enfonceraient en effet dans l'air quand les muscles entreraient en jeu pour soulever l'arrière du corps.

Œhmichen (*74*) a donné une théorie du coup d'aile. Il a effectué un travail très précis sur le vol ramé, et il a étudié les courants circulaires, les ondes de suite... qui prennent naissance, selon lui, pendant les déplacements de l'aile. Il affirme que, si l'abaissement soulève l'Oiseau, c'est le début de l'élévation qui le projette en avant, la progression s'obtenant par la récupération de l'énergie contenue dans l'onde de suite. Il est regrettable qu'il prétende que ce sont ses observations

sur la musculature des Oiseaux qui l'ont amené à concevoir de cette façon le vol ramé. Cet auteur considère, avec MAREY, dit-il, que les muscles des Oiseaux sont des muscles ordinaires, pas beaucoup supérieurs à ceux des Mammifères du même poids, qui n'ont rien d'extraordinaire pour la taille de la bête, sont développés certainement, mais pas beaucoup plus que ceux des cuisses, qui n'ont pourtant pas d'efforts spéciaux à accomplir. Une telle assertion ne cadre pas du tout avec la réalité, comme je le prouverai plus loin.

La plupart de ces auteurs ont cherché aussi à construire la figure que décrit dans l'espace un point quelconque de l'aile pendant sa révolution. STRAUSS-DURCKHEIM (*85*) pensait que c'est une ellipse dont le grand axe est dirigé de haut en bas et d'arrière en avant. PETTIGREW (*79*) a dit, d'une part, que la bout de l'aile décrit une ellipse et, d'autre part, il affirme que c'est un 8. MAREY (*69*) considérait que cette trajectoire est, pour l'humérus, voisine d'une ellipse dont le grand axe, légèrement incliné en bas et en avant, s'approche de l'horizontalité. Pour la région du carpe, cette courbe serait presque circulaire dans le plein vol. Elle serait d'une forme très compliquée à l'extrémité de l'aile, sans qu'il ajoute de précision à ce sujet.

En vérité, la trajectoire que décrit la pointe de l'aile est assez compliquée. J'ai trouvé que pendant l'abaissement cette pointe dessine un arc dont la concavité est tournée vers l'Oiseau, donc vers l'arrière et un peu vers le bas, puis au bas de sa course, après le coup de fouet, elle décrit une boucle au moment où l'aile revient légèrement en arrière. Cette ligne imaginaire, que j'ai représentée dans la figure 4, se porte ensuite en avant dans le sens de la marche de l'animal, par suite de la progression, puis peu à peu en haut au cours de la relevée de l'aile; elle représente un arc allongé dont la concavité regarde en sens inverse de la première, c'est à-dire, toujours vers l'Oiseau, mais en avant et beaucoup plus vers le bas. L'examen de la figure 4 montre en même temps le déplacement simultané du centre de gravité de l'Oiseau et permet de se rendre compte de la nature des oscillations subies par le corps.

Œhmichen (*74*) a fourni une représentation très intéressante de la trajectoire absolue de la pointe de l'aile du Héron au cours du vol ramé. Sauf pour quelques détails, elle s'accorde bien avec la mienne.

Dans tout cet exposé, c'est le vol horizontal que j'ai considéré, comme les autres auteurs d'ailleurs. La théorie que j'ai donnée ne subit pas de modification dans l'ensemble lorsqu'il s'agit de vol oblique en haut et en avant, ou de vol vertical dirigé de bas en haut. Le premier est un vol normal qui se produit quand l'Oiseau suit une direction ascendante dans

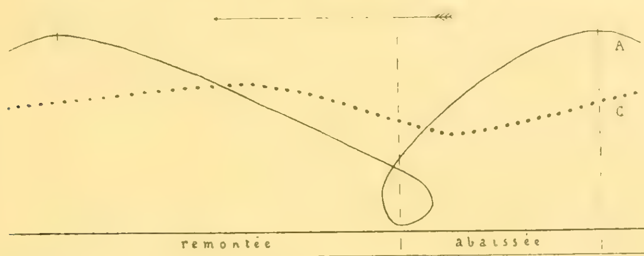


Fig. 4. — Trajectoire réelle de la pointe d'une aile A et du centre de gravité de l'Oiseau C au cours du vol battu.

le but de gagner de la hauteur. Le mécanisme général du vol ramé n'est pas changé. En effet, pour obtenir cette ascension oblique, il suffit que l'aile frappe l'air en cherchant un point d'appui moins bas et moins à l'avant que dans le vol horizontal. Toutefois, dans ces conditions, le travail des muscles pectoraux et thoraciques est beaucoup plus considérable, car il doit assurer un soulèvement du coup plus important que lors de la progression horizontale. Ce mode de vol, en effet, ne peut être réussi par l'Oiseau que si, à chaque coup d'aile, l'élévation du corps est supérieure à la chute qui a lieu à la fin de la remontée de cette aile, alors que dans le vol ramé horizontal, relèvements et abaissements alternatifs, ont une amplitude sensiblement égale. Pour la compréhension du phénomène et de l'effort, on peut comparer l'Oiseau en vol horizontal et en vol oblique à un béquillard se déplaçant sur un terrain plat ou gravissant un escalier.

Le vol direct en haut, qui est très rare et qui ne se rencontre guère que chez les Alouettes, les Traquets et un peu chez les

Pigeons, est effectué par les mêmes moyens que ceux employés par les Oiseaux pour les vols précédents. Toutefois, le corps est plus ou moins relevé verticalement, et de ce fait les coups d'ailes sont donnés obliquemment vers le bas, mais avec une énergie et une rapidité plus grandes, de façon à ce que la hauteur d'ascension du corps, à chaque battement, soit supérieure à la chute qui lui est consécutive. Ce vol direct, qui paraît très difficile à maintenir, rappelle dans son exécution le vol au point fixe du Pigeon qu'a fort bien décrit Œhmichen (*74*). Dans ce cas, l'animal tient son corps presque vertical en tendant le cou horizontalement vers l'avant, et il se soutient en l'air au même point, sans déplacement appréciable, par un battement d'ailes oblique en bas et en avant, la pointe de l'aile pendant l'abaissement venant frapper, dans sa limite la plus extrême, dans un plan horizontal passant par le croupion.

Ce schéma général, qui rend compte de la sustentation et de la progression pendant le vol ramé, s'applique, je tiens à le répéter, à tous les Oiseaux, au moment où ils battent des ailes ; les seules différences que l'on puisse constater résident dans la plus ou moins grande fréquence des battements, et aussi dans l'importance des périodes de repos relatif au cours desquelles l'animal cesse ses battements tout en continuant sa progression dans l'espace.

La plupart des Palmipèdes pourvus de petites ailes, comme les Canards, les Pingouins..., avancent dans l'air au moyen de battements d'ailes assez précipités dont le nombre varie de 8 à 12 par seconde suivant les espèces que j'ai pu étudier. Le vol battu est chez eux continu, et il est rare qu'ils cessent de frapper l'air de leurs ailes au cours de leur vol, qui est parmi les plus rapides. J'ai, en effet, trouvé pour un Canard sauvage une vitesse de 122 kilomètres à l'heure. Les recherches concernant les vitesses de battement et de déplacement des Oiseaux ont, à mon avis, un gros intérêt à être précisées, même pour des études organométriques comme celles que j'ai entreprises. C'est une des questions dont je m'occupe depuis un certain temps et au sujet de laquelle j'ai pu déjà rassembler des documents qui feront l'objet d'une autre publi-

cation. Je ne donnerai ici que les résultats moyens que j'ai obtenus, sans entrer dans le détail des procédés que j'ai employés. Pour posséder une valeur réelle ces documents ont besoin d'être abondants et plusieurs fois contrôlés. Je dirai, toutefois, que les chiffres moyens que je donnerai ici correspondent à la réalité.

Quelques Palmipèdes à ailes un peu plus développées que celles des Canards, tels que les Cygnes et les Oies, qui progressent à l'aide de coups d'ailes d'une fréquence un peu plus ralentie, sont capables de garder les ailes étendues et immobiles et de parcourir ainsi un certain espace grâce à la vitesse acquise. D'autres, adaptés plus ou moins complètement à la vie aquatique, ne volent que rarement, comme les Grèbes et les Plongeons, ou plus du tout comme les Pingouins du Cap.



Fig. 5. — Grouse, *Lagopus scoticus* Lath. exécutant un planement.

Les Gallinacés ont presque tous un genre de vol sensiblement identique à celui des oies. Après une série de coups d'ailes rapides et précipités dont le nombre est en moyenne d'une dizaine par seconde, ils prennent de la vitesse, puis leurs ailes déployées et immobiles, c'est-à-dire ne battant plus ils avancent dans cette position, exécutant en somme un véritable planement pendant ce laps de temps toujours de courte durée (fig. 5). La vitesse de progression est en moyenne de 60 kilomètres à l'heure chez la Caille, le Coq de bruyère, de 80 chez la Perdrix et les Lagopèdes. Pendant ces avancées, ces Oiseaux se trouvent dans des conditions voisines de celles de certains avions très rapides et à ailes réduites, au moment de l'atterrissage, par exemple.

Le mode de vol des Colombins, Ramiers, est un peu différent ; ils donnent des coups d'ailes encore rapides, 3 à 6 en moyenne par seconde ; ils sont capables de planer aussi les

ailes étendues entre deux séries de battements, mais, en outre, lorsque leur vitesse est suffisante, ils exécutent des vols sans battement, les ailes fléchies, ce que ne font pour ainsi jamais les Gallinacés. L'articulation du coude légèrement pliée, la pointe des ailes nettement ramenée en arrière comme le montre la figure 6, ils diminuent ainsi considérablement leur surface portante, et filent sur les couches d'air sans perdre beaucoup de hauteur et à une vitesse qui peut atteindre

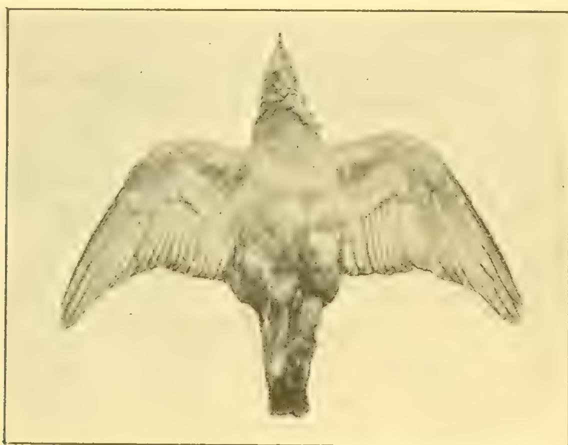


Fig. 6. — Ramier, *Columba palumbus* L., filant à grande vitesse, les ailes fléchies.

120 kilomètres à l'heure, alors que cette vitesse au cours du vol battu varie entre 80 et 90 kilomètres à l'heure.

Les petits Échassiers progressent dans les airs d'une manière analogue. Entre les périodes de coups d'ailes qui varient de 5 à 10 par seconde, ils se laissent glisser sur les couches d'air en portant la pointe de leur ailes en arrière (fig. 7) avec une vitesse d'ailleurs très variable qui est de 60 kilomètres à l'heure pour les grosses espèces et qui arrive à dépasser le 100 à l'heure chez les petites espèces, comme les Pluviers. Certains d'entre eux, adaptés à la vie aquatique comme les Foulques, n'exécutent que de rares envolées, toujours de courte durée.

D'autres Oiseaux, comme les Martinets et les Hirondelles, bien que ne progressant qu'à l'aide de coups d'ailes rapides, dont le nombre est environ de 8 par seconde pour les pre-

miers et de 3 à 4 pour les seconds, peuvent fournir des temps de planement assez longs grâce à leur surface portante plus développée. Ils comptent parmi les Vertébrés volants les plus rapides. On a dit que la vitesse de l'Hirondelle atteignait 241 kilomètres à l'heure et celle du Martinet 316 kilomètres, grâce à des battements qui seraient au nombre de 25 à 28 par seconde pour les derniers (*69*) ; ces chiffres sont fantaisistes. J'ai trouvé personnellement des vitesses plus faibles : 125 au plus pour l'Hirondelle rustique et 165 au maximum pour le Martinet noir.



Fig. 7. — Combattant, *Machetes pugnax* (L.) effectuant un planement les ailes fléchies.

Les petits Passereaux ont un genre de vol particulier qui consiste en une période de battements rapides suivie d'une période d'arrêt dans les coups d'ailes. Ils progressent d'abord tant que leurs ailes frappent l'air, à raison de 8 à 12 battements à la seconde, suivant une ligne ascendante oblique ; puis, quand la vitesse acquise leur paraît suffisante, ils cessent de ramer, ramassent leurs ailes le long du corps (fig. 8) et filent dans l'air comme une flèche, en perdant de la hauteur. Leur surface portante ne devient pas cependant nulle à cet instant ; elle est seulement six fois plus petite que dans le vol battu lui-même, et elle ne sert alors qu'à équilibrer le corps pendant la progression dans l'air, jusqu'au moment où, la vitesse décroissant, l'animal doit rebattre des ailes pour ne pas tomber. Pendant ce temps, si l'on peut se servir de cette comparaison, l'animal avance dans l'air comme un projectile et décrit comme ce dernier une trajectoire d'ordre balistique.

Ainsi font la plupart des petits Passereaux ; leur marche aérienne est une véritable ligne ondulée, d'amplitude variable, formée d'ascensions obliques pendant les coups d'ailes et de chutes obliques lorsque celles-ci sont presque fermées. Certains Passereaux, comme les Loriots, par exemple, peuvent, en raison de leur surface alaire assez développée, planer un certain temps ; ils font passage entre les espèces dont le vol est ondulé et celles qui constituent le groupe des Corvidés, dont la fréquence des battements n'est plus que de 2 à 3 à la seconde et qui sont capables d'exécuter les ailes grandes ouvertes des planements d'une certaine durée. D'autres Passereaux, comme les Mésanges, les Rousserolles effarvates, les Phragmites, les Pics, les Torcols..., ne peuvent se livrer qu'à des vols courts et peu soutenus, saccadés, parce que, leur existence se passant sur les arbres ou dans les roseaux, la faculté de voler est devenue chez eux beaucoup moins développée. Ces Oiseaux ne volent en effet jamais bien longtemps en général et ne quittent le plus souvent un arbre ou un roseau que pour aller s'accrocher à un autre. La faculté de voler a presque disparu chez les Troglodytes qui vivent presque continuellement dans les buissons et dont le vol est des plus pénibles, chez les Tichodromes, qui volent par bonds comme les Papillons en allant d'un mur à l'autre. J'ajouterai enfin que la vitesse des Passereaux n'est jamais grande et que les meilleurs volateurs d'entre eux ne dépassent guère 50 kilomètres à l'heure.



Fig. 8. — Verdier. *Chloris chloris* (L.) glissant sur les couches d'air les ailes ramassées contre le corps.

Parmi les Rapaces diurnes, il existe tout un groupe formé par les Faucons, qui montrent une virtuosité remarquable dans l'exécution du vol battu. Ils s'élèvent contre le vent en frappant des coups d'ailes répétés dont le nombre varie de 3 à 4 chez le Faucon pèlerin, à 5 ou 6 chez le Hobereau, qui vole à la manière des Martinets. Leur ascension, lorsqu'ils

poursuivent une proie par exemple, se fait sous un angle de 15° à 20° avec l'horizon et a reçu le nom de carrière ; elle nécessite visiblement de grands efforts de la part de l'Oiseau, qui est obligé fréquemment de l'interrompre, et file alors presque horizontalement dans le sens du vent pour revenir au-dessus de son point de départ sans perdre en somme de hauteur. Ce déplacement horizontal a été appelé degré. Lorsqu'à la suite d'une série de carrières et de degrés le Faucon a atteint



Fig. 9. — Mouette rieuse, *Larus ridibundus* L., les ailes fléchies.

une hauteur suffisante, il serre ses ailes contre le corps et fond sur sa proie avec une vitesse vertigineuse. Les Faucons, les Crécerelles en particulier, sont susceptibles de planer de façon remarquable, comme les Autours et les Éperviers d'ailleurs, dont le genre de vol est voisin du leur. Ce groupe de Rapaces compte parmi les Oiseaux très rapides. J'ai observé, en ce qui concerne le Faucon Hobereau, des vitesses dépassant 100 kilomètres à l'heure au cours d'un vol battu horizontal.

D'autres groupes enfin, pourvus d'une grande surface alaire, comme la majorité des Rapaces diurnes (Vautours, Aigles, Buses, Buzards) ou nocturnes, comme les Palmipèdes à grandes ailes (Albatros, Fous, Goélands...), comme certains Échassiers (Grues, Cigognes, Hérons, Marabouts...)

exécutent des vols ramés, les uns assez exceptionnellement, les autres plus fréquemment. Mais toujours le nombre de leurs battements est réduit à 1 ou 2 par seconde ; ceux-ci s'effectuent à des intervalles assez éloignés, car le plus souvent ces Oiseaux planent les ailes grandes ouvertes pendant des temps plus ou moins longs ou filent les ailes plus ou moins fléchies vers l'arrière à une vitesse plus grande (fig. 9). Leur déplacement dans l'espace, dans ce dernier cas, est plus rapide. Alors qu'en moyenne il est d'une quarantaine de kilomètres à l'heure, il peut dans ces conditions atteindre 50 à 60 kilomètres.

Au cours de cette étude sur le vol battu, je n'ai considéré que la surface alaire et ses mouvements. Il existe cependant un autre organe qui joue un rôle important chez les rameurs, c'est la queue, que l'Oiseau peut étaler ou resserrer dans un moindre espace, qui peut s'élever, s'abaisser, s'incliner à droite ou à gauche et qui, par conséquent, représente, contrairement à ce que pensaient certains auteurs comme Mouillard (*71*), un véritable gouvernail de profondeur et de direction. Dans le vol ramé, la queue est constamment pliée, sauf au départ, pendant les ascensions, les descentes précédant l'arrivée, pendant les mouvements tournants. Dans la progression horizontale, sa surface est toujours réduite au minimum.

On se rend compte par cet exposé, qui eût mérité peut-être un développement plus considérable, mais qui ne m'a pas paru devoir être étendu davantage, étant donné l'objet de ce mémoire, car il eût fallu pour le faire complet une notice spéciale pour chaque espèce, que les Oiseaux sont plus ou moins grands rameurs ou plus ou moins grands planeurs, mais qu'il n'y a pas lieu, en fait, de séparer le vol plané du vol ramé, comme on l'a fait jusqu'ici. Ce sont en vérité deux temps d'un seul mode de locomotion aérienne, l'un de ces temps étant plus utilisé que l'autre par l'animal au cours de ses déplacements dans les airs suivant sa propre conformation et, par conséquent, ses qualités aviatrices.

Il ne faut pas confondre le vol plané, quelle que soit sa durée, avec le vol à voile. Pendant le vol plané, le Rapace,

par exemple, les ailes étendues à angle droit avec l'axe du corps, glisse sur l'air ou décrit des orbes successifs, mais toujours en perdant de la hauteur ; il effectue ce vol même si l'air est calme. Il se comporte comme un avion pourvu d'une grande surface portante qui, moteur éteint, descend lentement selon une trajectoire dont l'inclinaison varie suivant les qualités et le profil de l'appareil. Le travail nécessaire pour la sustentation et la progression de l'Oiseau dans le vol ramé est fourni par le battement des ailes. Quand celui-ci cesse, la sustentation est assurée dans des conditions variant avec l'étendue de la surface des ailes, mais la descente commence selon une trajectoire plus ou moins inclinée, qui dépend de la vitesse de l'Oiseau.

Dans le vol à voile, le volateur plane si l'on veut, mais il ne perd pas de hauteur ; il en gagne même à tout instant. Il ne développe pas pour cela de force musculaire, en ce sens qu'il ne bat pas des ailes pendant des laps de temps considérables; mais le travail musculaire n'est jamais nul cependant. Les expériences auxquelles je me suis livré m'ont prouvé en effet que les muscles grands pectoraux en particulier sont constamment en action pour soulever le corps et le maintenir dans une situation appropriée par rapport aux ailes qui sont fortement appuyées sur l'air. Il est certain que le corps de l'Oiseau subit une série d'oscillations verticales, de relèvements et d'abaissements au cours du vol à voile, comme au cours du vol plané, pendant lesquels les ailes sont aussi pour ainsi dire immobiles.

Houssay (*32*) se représente le corps comme battant sur l'aile dans le vol plané. Ce battement consisterait alors dans le relèvement du corps ou plutôt de sa partie arrière, qui contient le centre de gravité, autour de l'axe des ailes et en sa retombée.

Le relèvement se ferait, selon lui, par la contraction de tous les muscles pectoraux ou thoraciques, moins un, le petit pectoral. Le rabaissement aurait lieu presque exclusivement sous l'influence de la pesanteur. Il considère que ce balancement rythmique de l'Oiseau est créateur de la vitesse horizontale dans tous les cas, dans tous les modes de vol

et qu'il suffit pour l'entretien ou même l'amélioration de la sustentation initiale.

Œhmichen (*74*) croit de son côté à l'existence de mouvements d'ondulation pendant que l'Oiseau plane.

Il est certain que les voiliers, quand ils planent, présentent à certains moments des mouvements ondulatoires. En effet, lorsqu'on réussit à observer de près ces Oiseaux en période de vol plané, on a la sensation très nette par instant qu'ils ondulent autour de l'axe de vol. Ces ondulations sont-elles dues uniquement aux oscillations verticales du corps qui sont indiscutables à mon avis ? Sont-elles liées en même temps à une autre cause ? Sont-elles comparables, par exemple, au phénomène que certains petits planeurs en papier présentent parfois et qui, selon Marey (*69*), semble produit par les déplacements du point d'application de la résistance de l'air, suivant les lois d'Avanzini? Quand ces appareils ont des ailes étroites, on les voit souvent prendre un mouvement de balancement, pendant leur translation horizontale, et progresser suivant une trajectoire ondulée, alternativement ascendante et descendante. On voit aussi que la phase ascendante s'accompagne de ralentissement, la phase descendante d'accélération, enfin que, pendant la montée comme pendant la descente, l'axe de l'appareil est incliné suivant la même direction que l'axe du vol. Voici l'explication du phénomène que donne Marey (*69*) en s'appuyant sur les lois d'Avanzini (*6*). L'appareil, rigide, ne peut modifier l'inclinaison de ses ailes par rapport à l'axe du corps; mais, quand la chute a produit une accélération suffisante, la résistance de l'air, qui agissait d'abord au milieu de la surface des ailes, se porte au voisinage de leur bord antérieur. Le planeur déséquilibré tend à basculer en arrière et relève son avant. Alors l'inclinaison des ailes sur leur trajectoire présente la direction qui fait monter l'appareil contre la pesanteur. Cet appareil monte donc, mais en même temps il perd de sa vitesse par l'action retardatrice de la pesanteur. Or, par l'effet même de ce ralentissement, le centre de pression de l'air revient coïncider avec le centre de figure des ailes; l'équilibre est rompu en sens inverse, et l'appareil s'incline le bec en bas. Par le fait de cette orientation, le pla-

neur suit une marche descendante que la pesanteur accélère. Dès que la vitesse a atteint un degré suffisant, le point d'application de la résistance de l'air se porte de nouveau en avant, et le planeur recommence une ondulation ascendante.

Mouillard (*71*) a été sans aucun doute témoin de ces phénomènes; il les a attribués à un déplacement du centre de gravité des corps en mouvement. Se basant sur les tournoiements de sens contraire qu'un rectangle de carton bristol exécute dans l'air, il a admis sans preuves que, par l'effet de la translation du carton, le centre de gravité de celui-ci a dû se porter en arrière du centre de figure, et il a édifié, en partant de cette hypothèse, toute une théorie pour expliquer le planement qu'il assimile à une série de ricochets sur l'air.

J'estime que seules de nouvelles expériences pourront résoudre cette question en ce qui concerne les Oiseaux.

Mes études m'ont montré toutefois que l'Oiseau n'extrait pas la force nécessaire pour pratiquer le vol à voile uniquement du travail de ses muscles, comme certains auteurs paraissent le croire ; il la trouve surtout dans le milieu extérieur. C'est le vent qui représente la puissance utilisée par certaines espèces pour voler à voile sans fatigue réelle, véritable. Ce mode de vol, en effet, qui peut être continu, exige pour se produire, d'après mes propres expériences, l'existence d'un vent plus ou moins fort et son action sous les ailes. Le travail musculaire ne sert pendant le vol à voile qu'à maintenir le corps dans une position favorable par rapport aux ailes.

Malgré son évidence, le vol à voile a été nié et est encore nié par quelques esprits qui se refusent à admettre ce genre de locomotion aérienne. Cela tient à ce que le vol à voile, s'il a donné lieu à d'intéressantes observations de la part de naturalistes consciencieux, n'a pas été l'objet d'études suffisamment précises. On a vu naître ces dernières années beaucoup de théories sur le vol à voile, mais il a été publié fort peu d'études expérimentales à ce sujet, et c'est pourquoi ce mode de locomotion semble encore si mystérieux. Toutefois, je dirai que Pierre Idrac (*35*) s'est livré à des recherches

d'ordre physique extrêmement intéressantes pour déterminer les conditions dans lesquelles quelques Oiseaux pratiquent le vol à voile, et il serait à souhaiter qu'il fût suivi grandement dans cette voie.

Si les théories qui se flattent de définir ce qu'est le vol à voile sont à l'heure actuelle fort nombreuses et sont le plus souvent issues de l'imagination, les observations précises sur les Oiseaux voiliers et leur manière de voler sont, par contre, en nombre beaucoup plus restreint. Étant donné l'esprit de cette étude et son but, j'analyserai seulement dans ce chapitre, avant de détailler les résultats de mes recherches, les travaux qui présentent un véritable intérêt, parce qu'ils sont basés sur des faits et, par conséquent, sur la réalité.

C'est à d'Esterno (*21*) que l'on doit véritablement la première définition sérieuse du vol à voile. Il a montré qu'il ne fallait pas confondre avec ce vol tous les accidents du vol ramé qui présentent momentanément l'appareil immobile et rigide, comme le vol à voile le présente constamment. Il arrive, dit-il, par exemple, que l'Oiseau, ayant acquis de la hauteur qu'il ne veut pas conserver, la transforme en translation et se laisse glisser sur l'air qu'il ne frappe plus. D'autres fois, il frappe quelques coups d'ailes après lesquels il continue de marcher horizontalement en tenant les ailes étendues et en parcourant sans ramer un espace qui va jusqu'à 40 mètres et plus. Dans ces deux cas et dans d'autres semblables, l'Oiseau n'obtient aucune production de force ; il ne fait que consommer celle qu'il a préalablement acquise; il la consomme dans le premier cas en perdant de la hauteur; dans le second cas, en perdant de la vitesse; d'Esterno affirme, par contre, que le vol à voile a cet inconvénient qu'il ne peut avoir lieu sans vent, mais qu'il a cet avantage qu'empruntant au vent, quand il y en a, une force illimitée, il peut se passer de toute dépense de force de la part de l'Oiseau.

Mouillard (*71*) a entrevu le premier la nature du vent utilisé par les Oiseaux dans le vol à voile. Voici d'ailleurs quelques extraits de ses écrits à ce sujet :

« Il ne faut jamais dans les calculs supposer qu'un courant d'air a une vitesse régulière ; on serait complètement dans

l'erreur ; une étude attentive du vol des Oiseaux fait voir qu'il y a des bouffées irrégulières, non seulement à la surface, mais même jusqu'aux confins de l'atmosphère visible...

« Cependant c'est là encore une base sur laquelle il ne faut pas trop échafauder, parce que les grands planeurs dédaignent d'utiliser ces irrégularités du vent ; ils les supportent, les emmagasinent comme impulsion reçue, mais ne se dérangent jamais pour en profiter.

« Pour se faire une idée saine de ce qui se passe dans le vol sans battement, pour se l'expliquer, il faut séparer deux choses qu'on confond ordinairement : le vent régulier et le coup de vent irrégulier...

« Le coup de vent est une puissance qui est l'âme de l'ascension : c'est la baguette qui frappe le cerceau de l'enfant, qui lui donne la force de rester debout, de rouler et même de franchir les élévations...

« Si le coup de vent se produit dans la partie où l'Oiseau va avec le vent, c'est le coup de baguette que le cerceau reçoit par derrière ; c'est de la vitesse emmagasinée, c'est autant de chute économisée : donc bénéfice pour l'Oiseau d'autant.

« Si c'est dans la partie du rond où l'Oiseau fait face au courant d'air, c'est son sol de glissement qui est l'air, qui se projette sur lui, et le force comme résultante à s'élever : donc encore bénéfice d'élévation, bénéfice qu'il ne doit pas à l'action de la chute. »

A cette époque, Mouillard considérait surtout les Vautours comme des voiliers types, et il ne les séparait pas des voiliers marins, au point de vue de leur façon d'utiliser les vents, tout en reconnaissant que les premiers sont des planeurs lents à ailes larges, alors que les seconds constituent une famille de voiliers à ailes étroites, que les premiers ne sont pas organisés pour se mouvoir dans les courants d'air trop rapides, alors que cette vitesse de l'air est parfaitement acceptée par d'autres familles de volateurs.

Mouillard croyait aussi que l'Oiseau peut recevoir une impulsion du vent qu'il reçoit par derrière, ce qui est manifestement erroné, car un volateur dans ces conditions aurait

toutes ses plumes retroussées vers l'avant, ce qui est contraire à la réalité comme je l'indiquerai plus loin.

Baste (*8*) distingue trois manœuvres dans le vol à voile des Oiseaux de mer : le planement circulaire avec entraînement, le planement sur place, le planement elliptique sans entraînement.

Dans le planement circulaire avec entraînement, pratiqué, suivant l'auteur, par les Nauclers, les Urubus, les Goélands, l'entraînement est de 15 à 20 mètres par seconde ; il est plus grand pour le Goéland que pour les deux autres espèces, mieux douées que lui pour le vol à voile. Dans son mouvement tournant, l'Oiseau incline le corps du côté de l'intérieur du cercle qu'il décrit et dont le diamètre est de 15 à 20 mètres. Quand, dans son planement circulaire, l'Oiseau gagne de la hauteur, c'est surtout pendant qu'il vole contre le vent ; quand il a vent arrière, au contraire, quand il subit un entraînement plus rapide, le plan dans lequel il se meut est très peu incliné sur l'horizon.

Dans le planement sur place, l'Oiseau est presque toujours à une grande hauteur quand il exécute ce genre de vol ; s'il paraît réellement immobile, c'est que l'observateur, placé d'ordinaire beaucoup au-dessous de lui, ne peut juger des déplacements qui se produisent dans le sens vertical.

Dans le planement elliptique sans entraînement, l'Oiseau monte et descend tour à tour, éprouvant dans sa progression contre le vent une sorte de tangage qui ne s'observe pas dans la phase de planement sous le vent. Quand il a le vent arrière, le voilier est rapidement entraîné et tend à perdre de la hauteur ; mais, dans la vitesse même que le vent lui imprime, il trouve, d'après Baste, le moyen de remonter aisément au niveau primitif. En effet, en changeant par un mouvement tournant la direction de son vol, il arrive bientôt à orienter sa vitesse en sens contraire de celle du vent, ce qui fait plus que doubler la force ascensionnelle que l'air exerce sous ses ailes.

Bazin (*9*) puis Langley (*37*) ont développé la théorie du vol à voile basée sur les vents comportant des irrégularités de vitesse. Ils ont montré que le vent n'est pas une masse d'air

se déplaçant régulièrement et tout d'une pièce avec une vitesse et dans une direction constantes, mais bien une suite, une série très complexes de courants d'air. Le vent horizontal a des vitesses essentiellement variables, et il souffle par rafales. Langley a trouvé avec ses anémomètres qu'il y avait à chaque instant des variations brusques de vitesse de 5 à 6 et 8 mètres par seconde. La vitesse peut s'annuler tout à fait pendant une ou deux secondes pour remonter ensuite à 12 et 15 mètres.

Soreau (*84*) considère que, comme tous les planeurs, les voiliers ne manquent pas d'utiliser les courants ascendants, qu'il estime très localisés, quand ces Oiseaux ont la bonne fortune d'en rencontrer. Mais ces courants ne sauraient constituer, à son avis, ni la cause ni une explication générale et systématique du vol à voile. Il pense que les voiliers captent la puissance vive emmagasinée dans les vagues aériennes. Ce seraient les actions calorifiques dont le principe, dit-il, se trouve dans la chaleur solaire elle-même, qui sont la source du travail interne du vent, travail que le voilier sait admirablement substituer à son propre travail musculaire.

Lanchester (*36*) a poussé plus loin cette étude et l'a soumise au calcul ; il est arrivé à cette conclusion qu'avec des variations rapides de vitesse du vent comme on en voit, la théorie du vol à voile par vent horizontal comportant des irrégularités de vitesse se justifie pour des Oiseaux ayant un angle de glissement de quelques degrés seulement. L'Oiseau, dans ces conditions, profiterait de l'augmentation de poussée du vent qui se produit dans le moment où sa vitesse a une valeur supérieure à sa moyenne ; il profiterait des périodes d'accalmie au contraire pour faire une descente planée ordinaire.

Lilienthal (*40*) a pensé que les Oiseaux utilisaient pour pratiquer le vol à voile les grandes différences de vitesse qui existent entre les vents superposés en couche mince. L'Oiseau, en passant d'une couche dans l'autre, trouverait dans le vent relatif la somme d'énergie nécessaire pour assurer sa sustentation et sa progression.

Il existe, à mon avis, et cela découle de mes recherches,

deux sortes de vols à voile. Dans le premier cas, l'Oiseau utilise les courants ascendants, le vent rendu ascendant parce qu'il rencontre un plan fortement incliné sur l'horizon, une colline, une montagne ou une falaise par exemple, ou le vent rendu ascendant par suite de l'échauffement de l'air au niveau du sol.

PÉNAUD (*78*), un des premiers, a pensé que des courants d'air ascendants sont nécessaires pour que le vol à voile se produise. MAREY (*69*) déclare, de son côté, avoir vu des Pélicans s'élever en ramant d'abord, puis sans battements d'ailes, jusqu'à de grandes hauteurs et là planer en sens divers, montant et descendant sans donner un coup d'aile. Des centaines de ces Oiseaux se jouaient ainsi pendant des heures entières. Tout en croyant à la possibilité d'une colonne d'air ascendante en dessous d'eux, il s'est demandé toutefois quelle force il fallait supposer à ce souffle vertical pour qu'il soutînt des Oiseaux du poids de 6 à 8 kilogrammes sur une surface d'ailes de moins d'un mètre.

La théorie du vol à voile réalisée au moyen de vents présentant une composante verticale ascendante a été soutenue par de nombreux auteurs, entre autres par FROUDE (*23*), Sir HIRAM MAXIM (*70*), PIERRE IDRAC (*35*), alors que MOUILLARD et d'autres l'ont jugée inadmissible.

HANKIN (*25*) pense que le fait, pour les Oiseaux voiliers, comme les Milans et les Vautours, de commencer à s'élever dès que se produisent les tourbillons de chaleur qui font trembloter les horizons lointains ne constitue qu'une coïncidence accidentelle. Il relate en effet avoir vu des nuées de Vautours volant sans battement à des hauteurs variant entre 50 et 1 200 mètres, alors que les duvets lancés à la main et à l'aide d'un cerf-volant dérivaient doucement. Il conclut de ses observations que, si l'on constate du vol à voile en même temps que le mouvement de tremblement dû aux masses d'air échauffées qui s'élèvent, néanmoins le vol à voile peut très bien exister sans que l'on observe cette apparence, et réciproquement. Cela prouve, dit-il, que ce phénomène n'est pas la cause de l'autre. Il croit, par contre, à l'existence d'une voilabilité solaire, en se basant sur ce fait que les voiliers sont obligés de

descendre ou de ramer pour se sustenter lorsqu'un gros nuage sombre cache le soleil, et aussi à une voilabilité du vent due aux variations de vitesse et de direction des courants aériens, grâce à laquelle les voiliers peuvent se soutenir sans battre des ailes.

Pierre Idrac (*35*), par contre, a montré de façon très positive qu'en Afrique les zones où les Oiseaux voiliers évoluent sans battre des ailes et sans perdre de hauteur coïncident toujours avec des plages où le vent a une composante ascendante, que dans ces zones il y a une grande densité de volateurs, alors que dans celles où la composante est descendante il y en a peu. Dans l'étude qu'il a faite au Sénégal, il a pu, grâce à l'emploi de cerfs-volants spéciaux et par un nouveau procédé, obtenir des enregistrements continus de la composante verticale du vent. Il a réalisé aussi deux appareils servant à mesurer l'un les variations de température et l'autre les variations de pression, pour se rendre compte si, au voisinage des Oiseaux volant à voile, se produisaient aussi des variations de température ou de pression en relation avec la composante ascendante du vent. Il a trouvé que les élévations de température au passage des zones ascendantes étaient de l'ordre de 0°,5 à 1°,5 avec une moyenne de 0°,9, la composante ascendante du vent correspondant à cette moyenne étant de l'ordre de 1 mètre par seconde. Il a constaté que les variations de pression, au contraire, étaient insignifiantes. Sa conclusion est que l'énergie cinétique du vent due à une composante verticale était la cause immédiate du vol à voile et avait son origine première dans des différences de température. C'est donc indirectement à une source d'énergie calorifique que l'Oiseau ferait appel pour se soutenir dans l'air sans dépenser de force musculaire. Il ajoute toutefois que ceci ne s'applique en vérité qu'aux voiliers des pays chauds ou des pays tempérés.

Les observations que j'ai pu faire au cours de mes voyages dans le sud de la Tunisie et en Tripolitaine m'ont amené à des conclusions identiques à celles de Pierre Idrac. J'ai remarqué, dès 1906, que le vol à voile ne commence dans ces régions qu'à une heure déterminée de la journée ; le 31 dé-

cembre 1906, les premiers Vautours fauves que j'ai vu voler dans la partie désertique comprise entre Zarzis et Médenine, à 20 kilomètres au sud de Zarzis, ont apparu dans le ciel à 8 heures du matin, attirés par un âne mort ; le lendemain 1er janvier 1907, il était 8 h. 05. Cette heure fut celle aussi où commença le tremblotement indiquant que des tourbillons de chaleur se formaient et s'élevaient dans l'atmosphère. Dans cette région tunisienne, où cependant il existe des vautours en assez grande quantité, on ne les voit jamais réunis en grand nombre. Il est rare d'en apervevoir plus de quatre ou cinq ensemble dans le ciel. Ils décrivent dans les airs des



Fig. 10. — Aigle fauve, *Aquila chrysaëtus* (L.) vu de dessous au cours d'un vol à voile.

cercles d'environ 50 mètres de diamètre et s'élèvent lentement jusqu'à 1 000 où 1 200 mètres. De là ils descendent en vol plané, puis remontent de la même façon à ces hauteurs. Lorsque leur attention est appelée sur la terre par une proie, ils se laissent alors glisser dans la direction voulue. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de me rendre compte de la façon dont ces Rapaces s'y prennent pour quitter le sol. Ils sont réellement obligés d'effectuer un effort considérable, même lorsqu'ils ne sont pas gorgés de nourriture. Ils en sont réduits à courir sur le sable, sur une distance de 80 à 100 mètres, en s'aidant plus ou moins de leurs ailes. Après un parcours d'une cinquantaine de mètres, leurs pattes quittent la terre de plus en plus, pendant que les battements d'ailes se précisent davantage; puis, après une course finale d'une cinquantaine de mètres encore, qui est plutôt comme une succession de bonds de plus en plus allongés, ils commencent à s'élever à coups d'ailes donnés à raison de 1 à 2 par seconde. A une

vingtaine de mètres du sol, les battements se ralentissent et, à 50 ou 60 mètres, ils cessent presque, l'Oiseau ayant trouvé l'appui nécessaire. Les Vautours montent alors dans le ciel par orbes successifs, mais ce n'est guère qu'à 100 mètres au-dessus du sable que leur vol prend la majesté qui le caractérise et que les coups d'ailes ne sont plus du tout donnés. L'ascension est lente, l'animal ne paraissant gagner que 50 centimètres à chaque tour, 1 mètre au plus suivant les circonstances. Le Vautour fauve a toujours à ce moment sa queue largement étalée ; ses ailes sont en V dans le plan horizontal et dans le plan vertical. En effet, ces ailes forment un

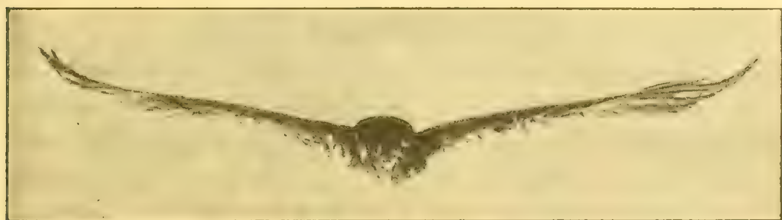


Fig. 11. — Aigle fauve, *Aquila chrysaëtus* (L.) vu de face au cours d'un vol à voile.

dièdre dont les faces ou plans des ailes sont relevées vers le haut et séparées par un angle rectiligne de 160° environ. De plus les pointes des ailes se trouvent portées en avant et en haut ; les bords antérieurs de celles-ci font en outre entre elles un autre angle très obtus, situé dans un plan un peu oblique par rapport à l'axe du corps et dont la valeur oscille entre 160 et 170°, suivant les cas. Les mêmes dispositions se retrouvent chez l'Aigle lorsqu'il vole à voile (fig. 10 et 11).

Il est indéniable que le Vautour fauve utilise les courants ascendants dus à l'échauffement de l'air, tout comme l'Aigle et d'autres Rapaces, mais il est certain aussi, comme l'a pensé Mouillard (*69*), qu'il se sert des vents horizontaux quand ils existent. Mais, et c'est là un fait que j'ai vérifié à plusieurs reprises, cet Oiseau ne peut voler à voile par de tels vents que si leur vitesse ne dépasse pas 6 à 7 mètres par seconde, son meilleur vol étant réalisé par des vents de 5 mètres à la seconde. Dès que la vitesse du vent dépasse 8 à 10 mètres, ce qui est d'ailleurs assez rare dans les contrées que j'ai visitées

dans le Sud-Tunisien, le Vautour tient mal l'air; on a l'impression qu'il n'est pas maître de sa machine, et bientôt il regagne son abri.

Tout ce que je viens de dire s'applique aux Rapaces pourvus d'ailes longues et larges. Pour tous, le mode de vol se révèle le même, avec des évolutions identiques, que ce soit en Afrique, ou en Europe, comme j'ai pu le constater au cours de mes pérégrinations. Toutefois, j'ajouterai que certains Rapaces, comme les Aigles, qui vivent dans les régions montagneuses, utilisent fréquemment le vent devenu ascendant, parce qu'il rencontre un plan plus ou moins incliné sur l'horizon, à condition que ce vent ne soit pas trop violent, car, plus que tout autre Oiseau, l'Aigle craint les vents de tempête, qui le roulent dans les airs et auxquels il résiste avec beaucoup de difficulté. C'est d'ailleurs une règle générale que les Rapaces voiliers ne sont pas capables de voler par les grands vents, et c'est la raison pour laquelle on n'en voit jamais dans le ciel par les mauvais temps.

D'autres Rapaces, tels que les Buses par exemple, pratiquent le vol à voile de façon assez courante. Celles-ci s'élèvent dans les airs, tout comme les Vautours, en décrivant des orbes d'une dizaine de mètres de diamètre. Lorsqu'en ramant ces Oiseaux ont atteint environ 50 mètres de hauteur, ils arrêtent leurs battements et montent jusqu'à 500 ou 600 mètres sans paraître exécuter aucun mouvement, les ailes toutes grandes ouvertes, les pointes portées en avant de manière à former entre elles un angle de 160° environ. Or, il y a lieu de remarquer que les Buses que j'ai vu voler ainsi évoluaient au-dessus d'une plaine et que, de ce fait, elles n'avaient pas à leur disposition des vents ascendants.

C'est donc le vent horizontal qu'elles utilisaient pour voler à voile.

J'ai effectué toute une série de recherches pour connaître la nature du vent dans les endroits où je voyais évoluer des voiliers, en montagne, en plaine ou en mer. Il ne m'est pas possible de donner ici le détail de ces expériences, qui seront publiées en leur temps lorsque leur nombre me paraîtra suffisant pour que les résultats soient indiscutables. Je me suis

servi à cet effet d'anémomètres très particuliers, donnant des résultats précis et fixés à un ballon-sonde par un dispositif spécial, et aussi de cerfs-volants. Cette étude, qu'il est difficile de mener à bien, je le reconnais, je la poursuis à l'heure actuelle pour la rendre aussi concluante que possible ; elle me permet cependant, dès maintenant, de penser que la Buse se sert fréquemment pour voler à voile des vents horizontaux présentant des irrégularités de vitesse et de préférence des vents relativement faibles, ayant une vitesse de 4 à 5 mètres environ. Mes observations concordent donc, sur un point, avec celles de HANKIN (*25*), particulièrement en ce qui concerne la voilabilité due aux variations de vitesse du vent, pour ce qui est des Rapaces voiliers. Tel est d'ailleurs aussi l'avis d'ANTHONY (*4*).

Certains Oiseaux, appartenant à l'ordre des Palmipèdes, utilisent presque uniquement le vent horizontal pour voler à voile. Ils remontent le fil du vent, qu'ils reçoivent de face. Les ailes plus ou moins étendues, suivant la force du courant aérien, ils ne donnent pas un seul coup d'aile, se balançant seulement pour maintenir leur équilibre. De ce vent, contre lequel il se présente, l'animal fait de la hauteur, et sa montée est plus ou moins lente. Pour conserver une direction voulue, il se sert de sa queue comme d'un gouvernail ; il s'en sert aussi comme d'un gouvernail de profondeur si le vent tend à le faire culbuter, pour monter ou pour descendre. Quand l'Oiseau, qui ne vole jamais dans ces conditions à une grande hauteur, cesse d'avoir le bec au vent, après un virage par exemple, il exécute un planement rapide en suivant le vent, les ailes plus ou moins grandement déployées. Il perd alors sensiblement de la hauteur.

Dans le vol à voile, il existe donc aussi deux temps : le premier correspond au premier temps du vol battu pendant lequel le rameur monte dans l'air grâce à des coups d'ailes plus ou moins rapides, avec cette différence que le voilier ne fait, à l'encontre de l'Oiseau rameur, aucun effort vrai pour s'élever et trouve la force nécessaire à l'élévation de son corps non dans ses muscles moteurs, mais dans le vent ; le second temps, par contre, est identique dans les deux modes de vol.

voilier et rameur utilisant et combinant deux forces, la pesanteur et la résistance que l'air offre à leur chute, suivant la valeur de leur surface portante, pour descendre plus ou moins vite sur les couches d'air.

Je me suis livré à une étude très approfondie du vol à voile chez les Palmipèdes marins, tant en ce qui est de la nature du vent que des mouvements exécutés par l'Oiseau. Voici les résultats auxquels je suis parvenu.

Il m'est apparu que les voiliers marins exécutent les meilleurs vols lorsque le vent, d'allure horizontale, est coupé de rafales, c'est-à-dire renforcé par moments.

Ce sont ces rafales qui constituent la base du vol pour les Palmipèdes marins. *C'est sur ces rafales qu'ils manœuvrent volontairement.*

Lorsqu'on cherche à définir la structure d'une telle sorte de vent, on se rend compte qu'il possède une puissance maxima vers le milieu ou vers la fin de la rafale et une puissance minima lorsque la rafale est passée. Entre ces deux extrêmes, il existe une période correspondant à l'arrivée de la rafale, à son début, où la force du vent croît, et une période correspondant à la fin de la rafale, où la force du vent faiblit, de telle sorte que la vitesse de ce vent, qui pourra atteindre une dizaine de mètres ou 15 mètres à la seconde, par exemple, au milieu de la rafale, ne sera plus quelquefois que de 2 ou 3 mètres à la fin et pourra même aussi tomber jusqu'à 0.

Or, les voiliers marins, qui apparaissent comme capables d'analyser le vent, utilisent les rafales de façon particulière et toujours identique, ainsi que me l'ont prouvé mes études. C'est toujours au moment où la rafale commence, c'est-à-dire lorsque le vent croît en force, que les voiliers marins se présentent le bec au vent et toujours de ce vent qu'ils reçoivent de face, ils font de la hauteur. Toujours ces Oiseaux, comme tous les autres voiliers d'ailleurs, possèdent à l'instant où ils se présentent contre le vent une certaine vitesse qu'ils ont acquise en se lançant d'un rocher, en courant à la surface des flots ou après avoir exécuté une descente plus ou moins rapide sur les couches d'air, dans le sens du vent.

J'ai observé beaucoup de Fous de Bassan en vol à voile.

Voici leurs manœuvres. Aussitôt que le vent croît en vitesse, leurs ailes se déforment de manière particulière : celles-ci prennent, vues de face, la forme d'un V dont la pointe serait en bas ; les branches de ce V très obtus font entre elles un angle d'environ 160°. En outre, les extrémités du fouet se recourbent plus ou moins vers le haut. En même temps, les rémiges de l'éventail, très arquées vers le bas au repos, se relèvent sous l'action du vent, ce qui donne à la section de cette aile une courbure caractéristique dont je parlerai plus loin. A ce moment les Fous sentent qu'ils sont portés et en mesure



Fig. 12. — Fou de Bassan, *Sula bassana* (L.) gagnant de la hauteur contre le vent.

de gagner de la hauteur. Afin d'aider à cette montée, ils raccourcissent alors leur cou pour ramener un peu en arrière leur centre de gravité ; ils étalent leur queue et la redressent de façon à lui faire faire avec l'axe du corps un angle déterminé variable suivant la force du vent et d'autant plus obtus que celle-ci est plus grande (fig. 12).

La progression du voilier contre le vent est toujours assez lente. Lorsque la vitesse du vent est d'environ 6 mètres par seconde, l'Oiseau, qui tient alors ses ailes largement déployées, ne gagne guère que 30 à 50 centimètres en hauteur par seconde. Dès que la vitesse du vent oscille entre 8 et 10 mètres à la seconde, vitesse avec laquelle la plupart des voiliers exécutent déjà de beaux vols à voile, l'ascension contre le vent est élégante et facile : elle est de 1 mètre environ par seconde. Aussitôt que la vitesse du vent dépasse 15 mètres à la seconde, l'élévation de l'Oiseau devient plus brutale, si brutale même parfois que l'animal est obligé de diminuer sa surface

alaire pour donner moins de prise au vent. L'ascension est presque perpendiculaire et se traduit quelquefois par un recul. Cette montée est aussi plus rapide et peut dépasser 3 mètres à la seconde.

Le plus souvent, lorsque la rafale atteint son maximum, le Fou de Bassan exécute un virage plus ou moins large, et, aussitôt que la rafale décroît, il file sur l'air avec le vent arrière. Le plus fréquemment, il redescend le fil du vent avec une grande vitesse. Il ramène alors les pointes de ses ailes un peu arrière, et cela d'autant plus qu'il veut aller plus vite. Alors qu'en général ces Oiseaux suivent le vent avec une vitesse moyenne de 30 à 40 kilomètres à l'heure, ils parviennent à atteindre le 60 en fléchissant leurs ailes et en inclinant leur queue légèrement vers le bas. Au cours de ce vol, avec vent arrière, l'Oiseau perd de la hauteur, mais il sait fort bien ne donner à sa trajectoire qu'un angle de chute insignifiant, quelquefois presque nul. Enfin, lorsqu'une nouvelle rafale approche, l'animal se présente à nouveau le bec au vent et reprend de la hauteur. Telles sont les manœuvres habituelles qu'exécutent les Fous de Bassan, ainsi que tous les voiliers marins d'ailleurs, celles qu'ils exécutent le plus volontiers, parce que les plus commodes, comme j'ai pu m'en convaincre en étudiant d'autres espèces que les Fous, car, contrairement à ce qu'on a prétendu, il est possible d'observer le vol à voile dans nos régions. On y rencontre en effet, outre les Rapaces, des Palmipèdes comme le Grand Goéland marin et le Puffin cendré, qui vivent au voisinage des côtes de France, le premier sur l'Océan, le second en Méditerranée, et qui se révèlent à l'étude comme des volateurs de premier ordre. Seulement pour les observer, il faut se déplacer, chercher à les découvrir, aller au besoin en mer pendant les périodes où ils ne fréquentent pas les côtes, et j'avoue que, pour arriver à un résultat, il faut faire preuve d'une certaine patience et ne pas craindre de perdre du temps. Bref, pour contempler des voiliers dans leurs exercices, il faut avoir le courage d'effectuer les déplacements nécessaires.

Parmi ces Oiseaux qui utilisent pour voler à voile le vent horizontal coupé de rafales, je citerai encore l'Albatros, la

Frégate, les Pétrels, la plupart des Goélands, les Thalassidromes. Les trois premières espèces n'ont pas besoin d'un très grand vent. Je n'ai jamais vu voler de Frégate, mais j'ai observé, par contre, en 1908, près des Sables-d'Olonne, un grand voilier qui évoluait en mer à côté de Goélands et dont l'envergure m'a paru si considérable par rapport à celle de ses compagnons que j'ai pensé être en présence d'un Albatros, Oiseau dont on a signalé la capture plusieurs fois sur les côtes de France. Ce qui est certain, c'est que ce grand voilier décrivait, par une brise légère, au-dessus de la mer, parfois très près des flots, parfois à de plus grandes hauteurs, de la même manière que les Fous de Bassan, des cercles ou des huit, s'élevant et s'abaissant comme le chariot d'une montagne russe, et cela sans donner un seul coup d'aile. Les Pétrels et les Goélands, en dehors de tout navire qu'ils recherchent non pour s'aider pendant leur vol, comme on l'a dit, mais pour obtenir de la nourriture, ont besoin d'un vent moyen pour pratiquer le vol à voile ; ils sont bouleversés par les vents forts, alors que les Puffins cendrés volent sans difficulté par les vents de tempête, sans battre pour ainsi dire des ailes, comme j'ai pu m'en rendre compte en pleine Méditerranée, au mois d'avril 1910.

On a dit aussi que seules les grosses espèces pouvaient voler à voile. Je crois cette affirmation inexacte, d'après ce que j'ai pu constater en observant des Thalassidromes ou Oiseaux-tempête qui nichent à l'île de Riou, près de Marseille, et dont le poids est inférieur à 20 grammes en général. J'ai vu de ces petits Palmipèdes planer des heures entières, s'élevant et descendant sans repos dans les sillons que creusaient les vagues sans presque jamais faire mouvoir leurs ailes.

Lanchester (*34*) cite, comme petite espèce d'Oiseau susceptible de voler à voile pendant des périodes de temps considérables, le Martinet. Il est possible que, dans certains cas, ce volateur se serve du vent, mais il est absolument certain que ses temps de planement, dont la durée est en général de deux à trois minutes, sont toujours séparés par une période de battements rapides, qui est la cause de la propulsion de cet Oiseau et qui, ne dépassant pas

quelquefois trente secondes, peut atteindre deux minutes.

D'autres espèces que les vrais voiliers, d'ailleurs, utilisent le vent au cours de leurs déplacements dans l'espace. Quelques grands Échassiers, tels que le Marabout, la Grue cendrée, la Cigogne..., sont capables d'effectuer de vrais vols à voile, de s'élever en orbes, tout comme les Rapaces. Les Corbeaux eux-mêmes savent fort bien se servir, ainsi que les Goélands, du vent ascendant quand ils en trouvent, pour gagner de la hauteur. Les Oiseaux rameurs, eux aussi, connaissent l'avantage que présente le vent et, s'ils ne peuvent faire du vol à voile, au sens théorique du mot, parce que leur conformation ne leur permet pas d'être de vrais voiliers, ils ont le moyen d'en profiter et arrivent ainsi à diminuer leurs efforts lorsqu'ils battent des ailes. C'est probablement en s'aidant du vent que les petits Échassiers et les Cailles, qui possèdent d'ailleurs en raccourci des caractéristiques rappelant celles des Fous ou des Goélands, réussissent à survoler de grandes étendues de mer au cours de leurs migration, car leur propre moteur, quoique très puissant, ne serait peut-être pas capable de leur faire effectuer d'aussi longs parcours.

Pour terminer, je dirai que le vent n'a pas une structure aussi simple que celle que j'ai donnée comme type courant. On remarque en effet, surtout lorsque la vitesse du vent est assez grande et si les anémomètres d'expérience sont assez sensibles pour permettre d'analyser des tranches de vent très courtes, que les rafales sont constituées d'une suite de pulsations rapides qui se succèdent comme un train d'ondes à raison d'une dizaine en moyenne par seconde pour un vent d'une dizaine de mètres à la seconde d'après mes propres recherches.

Les Oiseaux voiliers savent tirer parti de tous les vents; ils peuvent aussi évoluer dans toutes les directions, lorsqu'ils ont intérêt à ne plus s'en tenir au vol classique que j'ai décrit et à se déplacer. S'ils veulent aller en ligne droite contre le vent, ils gagnent de la hauteur lorsque la vitesse du vent est croissante, et ils profitent des périodes d'accalmie pour avancer en descente planée. Ils progressent ainsi dans le même sens suivant une trajectoire ondulée qui rappelle le profil d'une montagne russe. S'ils désirent voyager avec

le vent arrière, les voiliers marins, en particulier, gagnent d'abord de la hauteur, et ils s'efforcent ensuite d'en perdre le moins possible ; ils en regagnent le cas échéant en remontant le bec au vent. Lorsqu'un Oiseau avance avec le vent arrière, il ne peut se servir de ce vent. En effet très rapidement sa vitesse propre est supérieure à celle du vent, si bien que le voilier vole dans un vent relatif dont la vitesse est fonction de la vitesse réelle de l'animal et que de fait il reçoit de face, ce qu'il est facile de démontrer en fixant un petit drapeau à l'Oiseau. On voit alors que la flamme est dans ce cas dirigée vers l'arrière, par conséquent en sens contraire du vent réel. Or, j'ai remarqué que le voilier qui se déplace ainsi, en suivant le fil du vent, ne perd souvent que peu de hauteur et que quelquefois même il en gagne un peu. J'ai pensé que, recevant de face le vent relatif, il se trouve dans les mêmes conditions que s'il volait véritablement contre le vent. En tout cas, on constate que l'Oiseau, au moment où il s'élève, a sa vitesse de translation qui diminue, comme s'il était brusquement calé ; on constate aussi qu'à ce moment il tient sa queue étalée et relevée, manœuvre qu'il effectue toujours lorsqu'il veut monter dans l'air.

Cet exposé, un peu long peut-être, était cependant indispensable pour faire comprendre les différences qui existent entre les divers groupes d'Oiseaux en ce qui concerne les organes du vol.

Par l'étude que j'ai faite des divers modes de vol chez les Oiseaux, j'ai été amené à classer définitivement ceux-ci en vingt groupes, dont je donne ci-dessous la liste avec le nom des espèces (1) qui les composent et qui ont servi à mes recherches organométriques.

I. — **Rapaces diurnes voiliers**, Oiseaux terrestres, battant des ailes peu fréquemment et pratiquant le plus souvent le vol à voile à l'aide de vent ascendant ou de vent horizontal faible. Excellents planeurs (vitesse moyenne : 30 à 40 kilomètres à l'heure).

1. Vautour fauve, *Gyps fulvus* (Habl.).
2. Gypaëte barbu, *Gypaëtus barbatus grandis* Storr.
3. Catharte noire, *Catharista atrata* (Bartr.)
4. Aigle fauve, *Aquila chrysaëtus* (L.).
5. Aigle de Bonelli, *Hieraëtus fasciatus* (Vieill.).
6. Aigle bateleur, *Helotarsus ecaudatus* (Daud.).

(1) Pour la nomenclature employée dans ce mémoire, voir P. Paris, *Faune de France, Oiseaux*. Paris 1921, et Dubois, *Synopsis avium*, Bruxelles, 1901.

7. Aigle aguia, *Geranoaëtus melanoleucus* (Vieill.).
8. Circaëte Jean-le-Blanc, *Circaëtus gallicus* (Gmel.).
9. Buse commune, *Buteo buteo* (L.).
10. Bondrée apivore, *Pernis apivorus* (L.).
11. Balbuzard fluviatile, *Pandion haliaëtus* (L.).
12. Buzard harpaye, *Circus æruginosus* (L.).
13. Buzard Saint-Martin, *Circus cyaneus* (L.).
14. Buzard cendré, *Circus pygargus* (L.).
15. Buzard blafard, *Circus macrurus* (Gmel.).
16. Milan royal, *Milvus milvus* (L.).

II. — **Palmipèdes voiliers**, Oiseaux marins, ne battant *en général* que fort rarement des ailes et volant à voile pendant des heures entières en utilisant presque uniquement les variations de vitesse du vent horizontal (vitesse moyenne : 40 à 50 kilomètres à l'heure).

1. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L.
2. Frégate, *Fregata aquila* (L.).
3. Fou de Bassan, *Sula bassana* (L.).
4. Puffin cendré, *Puffinus kuhli* Boie.
5. Thalassidrome tempête, *Hydrobates pelagicus* (L.).
6. Goéland marin, *Larus marinus* L.

III. — **Échassiers ramo-planeurs**, Oiseaux de marais en général, dont le vol battu, effectué lentement, est interrompu fréquemment par des planements assez longs et qui sont susceptibles de voler à voile, pour la plupart, en utilisant les vents à composante ascendante ou les vents horizontaux irréguliers faibles et moyens (vitesse moyenne : 45 kilomètres à l'heure).

1. Héron cendré, *Ardea cinerea* (L.).
2. Aigrette blanche, *Egretta alba* (L.).
3. Butor commun, *Botaurus stellaris* (L.).
4. Bihoreau d'Europe, *Nycticorax nycticorax* (L.).
5. Spatule blanche, *Platalea leucorodia* L.
6. Cigogne blanche, *Ciconia ciconia* (L.).
7. Grue cendrée, *Megalornis grus* (L.).
8. Marabout à sac, *Leptoptilus crumeniferus* Less.
9. Vanneau huppé, *Vanellus vanellus* (L.).

IV. — **Rapaces nocturnes ramo-planeurs**, Oiseaux terrestres, à vol lent et silencieux, ne donnant que des coups d'ailes peu fréquents (1 à 2 à la seconde) et pouvant planer de façon remarquable (vitesse moyenne : 30 à 40 kilomètres à l'heure).

1. Grand-Duc ordinaire, *Bubo bubo* (L.).
2. Hibou Moyen-Duc, *Asio otus* (L.).
3. Hibou brachyote, *Asio flammeus* Pont.
4. Petit-Duc, *Otus scops* (L.).
5. Effraye commune, *Tyto alba* (L.).
6. Chouette hulotte, *Strix aluco* L.
7. Chevêche commune, *Athene noctua* (Scop.).

V. — **Rapaces diurnes ramo-planeurs**, Oiseaux terrestres, à vol rapide, capables d'effectuer des planements quelquefois d'assez longue durée, parfois des vols à voile, mais qui ne s'élèvent et ne progressent qu'au moyen de battements plus ou moins rapides (2 à 7 à la seconde) (vitesse moyenne : 80 à 100 kilomètres à l'heure).

1. Autour des palombes, *Accipiter gentilis* (L.).
2. Épervier ordinaire, *Accipiter nisus* (L.).

3. Caracara, *Polyborus tharus* (Mol.)
4. Faucon Crécerelle, *Falco tinnunculus* L.
5. Faucon pèlerin, *Falco peregrinus* Tunst.
6. Faucon hobereau, *Falco subbuteo* L.
7. Faucon émerillon, *Falco columbarius regulus* Pall.

VI. — **Corvidés ramo-planeurs**, Oiseaux terrestres à vol assez lent, dont les battements peu rapides (1 à 3 à la seconde) cessent fréquemment pour être remplacés par des temps de planement plus ou moins longs, et qui utilisent parfois les vents ascendants ou horizontaux pour esquisser des vols à voile (vitesse moyenne : 40 à 50 kilomètres à l'heure).

1. Corneille noire, *Corvus corone* L.
2. Corneille mantelée, *Corvus cornix* L.
3. Freux ordinaire, *Trypanocorax frugilegus* (L.).
4. Choucas gris, *Colœus monedula spermologus* (Vieill.).
5. Crave ordinaire, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* (L.).
6. Chocard des Alpes, *Graculus graculus* (L.).
7. Casse-noix vulgaire, *Nucifraga caryocatactes* (L.).
8. Rollier vulgaire, *Coracias garrulus* L.
9. Pie ordinaire, *Pica pica* (L.).
10. Geai ordinaire, *Garrulus glandarius* (L.).
11. Huppe vulgaire, *Upupa epops* L.
12. Geai des Incas, *Xanthoura yncas* (Bodd.).

VII. — **Passereaux ramo-planeurs**, Oiseaux terrestres, à vol très rapide, susceptibles de belles périodes de planement séparés par des temps de battements rapides, souvent spasmodiques (3 à 10 à la seconde) (vitesse moyenne : 80 à 150 kilomètres à l'heure).

1. Coucou gris, *Cuculus canorus* L.
2. Engoulevent d'Europe, *Caprimulgus europæus* L.
3. Martinet noir, *Apus apus* (L.).
4. Hirondelle des cheminées, *Chelidon rustica* (L.).
5. Hirondelle des fenêtres, *Hirundo urbica* (L.).
6. Hirondelle de rochers, *Riparia rupestris* (Scop.).

VIII. — **Palmipèdes ramo-planeurs**, Oiseaux marins ou de rivage, progressant à l'aide de battements de fréquence moyenne (2 à 6 à la seconde), planant de façon remarquable, et susceptibles de s'aider des vents ascendants et horizontaux faibles et moyens (vitesse moyenne : 50 à 70 kilomètres à l'heure).

1. Cormoran ordinaire, *Phalacrocorax carbo* (L.).
2. Puffin des Anglais, *Puffinus puffinus* (Brünn.).
3. Goeland argenté, *Larus argentatus* Pontopp.
4. Goéland cendré, *Larus canus* L.
5. Goéland tridactyle, *Rissa tridactyla* (L.).
6. Mouette rieuse, *Larus ridibundus* L.
7. Sterne Pierre-Garin, *Sterna hirundo* L.

IX. — **Passereaux rameurs à vol soutenu**, représentés par la plupart des petits Oiseaux terrestres, qui en général rament avec rapidité (5 à 14 battements à la seconde), puis filent comme des flèches, les ailes en partie ramassées, et recommencent ensuite à donner des coups d'ailes (vitesse moyenne : 40 kilomètres à l'heure).

1. Gobe-mouche gris, *Muscicapa striata* (Pallas).
2. Gobe-mouche noir, *Ficedula hypoleuca* (Pall.).
3. Alouette des champs, *Alauda arvensis* L.
4. Pipi des prés, *Anthus pratensis* (L.).
5. Pipi des arbres, *Anthus trivialis* (L.).
6. Bergeronnette grise, *Motacilla alba* L.
7. Bergeronnette printanière, *Motacilla flava* L.
8. Bergeronnette boarule, *Motacilla cinerea* Tunstall.
9. Pie-grièche grise, *Lanius excubitor* L.
10. Pie-grièche rousse, *Lanius senator* L.
11. Pie-grièche écorcheur, *Lanius collurio* L.
12. Rossignol ordinaire, *Luscinia megarhyncha* Brehm.
13. Rouge-gorge familier, *Erythacus rubecula* (L.).
14. Rossignol de muraille, *Phœnicurus phœnicurus* (L.).
15. Rouge-queue tithys, *Phœnicurus ochrurus gibraltariensis* (Gm.).
16. Tarier ordinaire, *Pratincola rubetra* (L.).
17. Tarier rubicole, *Pratincola rubicola* (L.).
18. Pouillot de Bonelli, *Phylloscopus bonellii* Vieill.
19. Pouillot véloce, *Phylloscopus rufus* Bechst.
20. Loriot jaune, *Oriolus oriolus* (L.).
21. Merle bleu, *Monticola solitarius* (L.).
22. Merle de roches, *Monticola saxatilis* (L.).
23. Merle noir, *Turdus merula* L.
24. Merle de Naumann, *Turdus naumanni* Temm.
25. Grive draine, *Turdus viscivorus* L.
26. Grive litorne, *Turdus pilaris* L.
27. Grive musicienne, *Turdus musicus* L.
28. Grive mauvis, *Turdus iliacus* L.
29. Merle à plastron, *Turdus torquatus* L.
30. Étourneau vulgaire, *Sturnus vulgaris* L.
31. Bec croisé ordinaire, *Loxia curvirostra* L.
32. Gros-Bec ordinaire, *Coccothraustes coccothraustes* (L.).
33. Bouvreuil ordinaire, *Pyrrhula pyrrhula europæa* Vieill.
34. Serin cini, *Serinus canarius serinus* (L.).
35. Verdier ordinaire, *Chloris chloris* (L.).
36. Pinson ordinaire, *Fringilla cœlebs* L.
37. Pinson d'Ardennes, *Fringilla montifringilla* L.
38. Moineau domestique, *Passer domestica* (L.).
39. Moineau friquet, *Passer montana* (L.).
40. Moineau soulcie, *Petronia petronia* (L.).
41. Chardonneret élégant, *Carduelis carduelis* (L.).
42. Tarin ordinaire, *Spinus spinus* (L.).
43. Linotte vulgaire, *Acanthis cannabina* (L.).
44. Venturon alpin, *Spinus citrinella* (L.).
45. Bruant jaune, *Emberiza citrinella* L.
46. Bruant zizi, *Emberiza cirlus* L.
47. Bruant ortolan, *Emberiza hortulana* L.
48. Bruant fou, *Emberiza cia* L.
49. Bruant des roseaux, *Emberiza schœniclus* L.
50. Roitelet huppé, *Regulus regulus* (L.).

X. — **Passereaux rameurs à vol peu soutenu**, comprenant des Oiseaux adaptés plus ou moins à la vie arboricole, comme les Mésanges et les Pics, dont le vol est le plus souvent de courte durée, ou des espèces ne volant presque plus comme les Troglodytes.

1. Gorge bleue ordinaire, *Cyanecula suesica cyanecula* (Wolf.).
2. Fauvette à tête noire, *Sylvia atricapilla* (L.).

3. Fauvette des jardins, *Sylvia simplex* Lath.
4. Fauvette grisette, *Sylvia communis* Lath.
5. Accenteur-Mouchet, *Prunella modularis* (L.).
6. Hypolaïs icterine, *Hypolaïs icterina* (Vieill.).
7. Phragmite des joncs, *Acrocephalus schœnobænus* (L.).
8. Rousserolle effarvate, *Acrocephalus cirpaceus* Herm.
9. Mésange charbonnière, *Parus major* L.
10. Mésange bleue, *Parus cæruleus* L.
11. Mésange huppée, *Parus cristatus mitratus* Brehm.
12. Mésange nonnette, *Parus palustris longirostris* Kleinsch.
13. Mésange des marais, *Parus palustris communis* Kleinsch.
14. Mésange à longue queue, *Ægithalus caudatus* (L.).
15. Pic vert, *Gecinus viridis* (L.).
16. Pic-épeiche, *Dryobates major pinetorum* (Brehm.).
17. Pic-épeichette, *Dryobates minor hortorum* (Brehm.).
18. Torcol ordinaire, *Jynx torquilla* L.
19. Grimpereau ordinaire, *Certhia brachydactyla* Brehm.
20. Sittelle-torchepot, *Sitta europæa cæsia* Wolf.
21. Tichodrome-Échelette, *Tichodroma muraria* (L.).
22. Troglodyte mignon, *Troglodytes troglodytes* (L.).

XI. — **Passereaux vibrateurs**, qui ne se sustentent qu'en faisant vibrer leurs ailes.

1. Oiseau-mouche, *Eupherusa eximia* (Del.)

XII. — **Échassiers rameurs terrestres**, battant rapidement des ailes (5 à 10 coups d'ailes à la seconde), ne planant que sur de courts espaces et ne restant les ailes étendues et immobiles que pour descendre (vitesse moyenne : 60 à 80 kilomètres à l'heure).

1. Grande Outarde, *Otis tarda* (L.).
2. Outarde canepetière, *Otis tetrax*, L.
3. Œdicnème criard, *Burhinus œdicnemus* (L.).
4. Pluvier doré, *Charadrius apricarius* L.
5. Pluvier guignard, *Charadrius morinellus* L.
6. Râle de genêts, *Crex crex* (L.).
7. Bécasse commune, *Scolopax rusticola* L.

XIII. — **Échassiers rameurs riverains**, progressant à l'aide de battements rapides (5 à 10 coups à la seconde), séparés par des temps de planement exécutés les ailes fléchies, les pointes étant ramenées en arrière (vitesse moyenne : 60 à 80 kilomètres à l'heure).

1. Courlis cendré, *Numenius arquatus* (L.).
2. Huitrier-Pie, *Hæmatopus ostralegus* L.
3. Grand Pluvier à collier, *Charadrius hiaticula* L.
4. Pluvier suisse, *Squatarola squatarola* (L.).
5. Bécassine ordinaire, *Gallinago gallinago* (L.).
6. Bécassine sourde, *Limnocryptes gallinula* (L.).
7. Maubèche canut, *Canutus canutus* (L.).
8. Bécasseau cincle, *Erolia alpina* (L.).
9. Tournepierre interprète, *Arenaria interpres* (L.).
10. Sanderling des sables, *Calidris leucophæa* (Pall.).
11. Combattant variable, *Machetes pugnax* (L.).
12. Chevalier aboyeur, *Tringa nebularius* (Günn.).
13. Chevalier arlequin, *Tringa erythropus* (Pall.).
14. Chevalier gambette, *Tringa totanus* (L.).

15. Chevalier cul blanc, *Tringa ochrophus* L.
16. Chevalier guignette, *Tringa hypoleucus* (L.).
17. Barge rousse, *Limosa lapponica* (L.).
18. Barge à queue noire, *Limosa limosa* (L.).
19. Avocette à nuque noire, *Recurvirostra avocetta* L.

XIV. — **Colombins rameurs**, Oiseaux terrestres, au vol rapide, se sustentant et progressant au moyen de coups d'ailes assez rapides (3 à 8 à la seconde), pouvant planer un certain temps quand leur vitesse est suffisante ou glissant sur l'air les ailes fléchies en arrière (vitesse moyenne : 80 à 100 kilomètres à l'heure).

1. Pigeon ramier, *Columba palumbus* L.
2. Pigeon colombin, *Columba œnas* L.
3. Tourterelle vulgaire, *Turtur turtur* (L.).

XV. — **Gallinacés rameurs**, Oiseaux terrestres, progressant à l'aide de périodes de battements rapides (6 à 12 à la seconde) séparées par des périodes de planement les ailes étendues, portant sur un espace d'une cinquantaine de mètres (vitesse moyenne : 60 à 80 kilomètres à l'heure).

1. Grand coq de bruyères, *Tetrao urogallus* L.
2. Petit Coq de bruyères ou Tetras lyre, *Lyrurus tetrix* (L.).
3. Lyre intermédiaire, *Tetrao medius* Mey.
4. Lagopède muet, *Lagopus mutus* (Martin).
5. Lagopède blanc, *Lagopus lagopus* (L.).
6. Grouse, *Lagopus scoticus* Lath.
7. Gélinotte des bois, *Tetrastes bonasia* (L.).
8. Perdrix rouge, *Caccabis rufa* (L.).
9. Perdrix bartavelle, *Caccabis saxatilis* Meyer et W.
10. Perdrix grise, *Perdix perdix* (L.
11. Caille commune, *Coturnix coturnix* (L.).
12. Colin du Mexique, *Colinus pectoralis* Gould.
13. Tinamou roussâtre, *Rhynchotus rufescens* (Temm.)

XVI. — **Palmipèdes nageurs rameurs**, Oiseaux aquatiques, rapides, pouvant plonger, volant en battant énergiquement des ailes (5 à 12 coups à la seconde) de façon continue, ne planant presque jamais, sauf les Cygnes et les Oies (vitesse moyenne : 100 à 120 kilomètres à l'heure).

1. Cygne sauvage, *Cygnus cygnus* (L.).
2. Oie sauvage, *Anser fabalis* (Lath.).
3. Oie cendrée, *Anser anser* (L.).
4. Oie rieuse, *Anser albifrons* (Scop.).
5. Bernache cravant, *Branta bernicla* (L.).
6. Bernache nonette, *Branta leucopsis* (Bechst.).
7. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* L.
8. Souchet commun, *Spatula clypeata* (L.).
9. Canard pilet, *Dafila acuta* (L.).
10. Canard siffleur, *Mareca penelope* (L.).
11. Sarcelle d'hiver, *Querquedula crecca* (L.).
12. Sarcelle d'été, *Querquedula querquedula* (L.).
13. Garrot vulgaire, *Clangula clangula* (L.).
14. Fuligule nyroca, *Nyroca nyroca* (Güld.).
15. Fuligule morillon, *Nyroca fuligula* (L.).
16. Fuligule milouin, *Nyroca ferina* (L.).

17. Fuligule milouinan, *Nyroca marila* (L.).
18. Macreuse noire, *Oidemia nigra* (L.).
19. Macreuse brune, *Oidemia fusca* (L.).

XVII. — **Palmipèdes plongeurs rameurs**, adaptés à la vie aquatique, susceptibles toutefois, pour la plupart, de vols d'une certaine étendue exécutés à l'aide de battements rapides (vitesse moyenne : 40 à 50 kilomètres à l'heure).

1. Harle huppé, *Mergus serrator* L.
2. Harle bièvre, *Mergus merganser* L.
3. Harle piette, *Mergus albellus* L.
4. Grèbe huppé, *Colymbus cristatus* L.
5. Grèbe jougris, *Colymbus griseigena* Bodd.
6. Grèbe castagneux, *Colymbus ruficollis* Pall.
7. Plongeon catmarin, *Gavia septentrionalis* (L.).
8. Plongeon lumme, *Gavia arctica* (L.).
9. Pingouin macroptère, *Alca torda* L.
10. Guillemot troille, *Uria troille* (L.).
11. Macareux moine, *Fratercula arctica* (L.).
12. Mergule nain, *Alle alle* (L.).

XVIII. — **Échassiers plongeurs rameurs**, adaptés plus ou moins à la vie aquatique, capables de vols en général de peu d'étendue.

1. Foulque noire, *Fulica atra* L.
2. Poule d'eau ordinaire, *Gallinula chloropus* (L.).
3. Râle marouette, *Porzana porzana* (L.).
4. Râle d'eau, *Rallus aquaticus* L.

XIX. — **Passereaux plongeurs rameurs**, volant à l'aide de battements rapides (8 à 10 à la seconde) et plongeant admirablement.

1. Martin-pêcheur vulgaire, *Alcedo ispida* L.

XX. — **Oiseaux coureurs** ou incapables de voler.

1. Nandou, *Rhea americana* (L.).
2. Pingouin du Cap, *Spheniscus demersus* (L.).

Lorsque j'ai publié les premiers résultats certains de mes recherches, le nombre des groupes d'Oiseaux que j'avais formés était moins grand qu'à l'heure actuelle. Cela tient à ce que les différences qui séparent les Oiseaux, doués d'un genre de vol déterminé, des autres individus utilisant un autre mode de vol apparaissent plus clairement à mesure que le nombre des espèces étudiées augmente et obligent à une nouvelle classification, sans toutefois que les premières conclusions en soient modifiées, car beaucoup de groupes ne sont en réalité que des sous-groupes des premiers.

On remarquera toutefois que ces groupes ou sous-groupes représentent presque tous des ordres ou des sous-ordres de la classe des Oiseaux. Bien que fondée sur l'observation des es-

pèces dans la nature, la classification que je donne diffère notablement de celle à laquelle est arrivée Mouillard (*71*). Cet auteur rassemble en effet, dans une même série qu'il dénomme type *Aquila*, l'Alouette, le Faucon pèlerin, le Circaète, l'Aigle, le Balbuzard et le Pygargue, espèces dont le mode de vol est loin d'être identique comme je le montre, le Faucon étant un rameur, l'Alouette aussi évidemment, alors que les autres Rapaces sont des voiliers. Il réunit de même, pour former le type *Larus*, l'Oiseau-Mouche, dont les ailes vibrent, et l'Albatros, qui vole sans battement, ce qui constitue à mon avis une erreur.

Ceci dit, j'exposerai maintenant mes propres recherches sur les organes du vol chez les Oiseaux et leurs rapports avec le mode de vol. J'examinerai en même temps si mes conclusions concordent avec les résultats fournis par les auteurs qui ont traité le même sujet chez des animaux différents.

Je tâcherai ensuite de tirer tout l'enseignement utile de cette étude, car, si j'ai effectué de cette façon une œuvre d'ordre biologique, comme beaucoup de mes prédecesseurs, j'ai pu en extraire aussi des applications pratiques. J'ai été en effet le premier à montrer que les conclusions que l'on obtient par l'étude des caractéristiques des Oiseaux pouvaient suggérer de nombreuses idées pour la construction des avions et la détermination de leur forme, et qu'elles pouvaient constituer un moyen de mieux connaître les conditions aérodynamiques du vol.

CHAPITRE II

La surface des ailes.

Le rapport de la surface alaire à la surface du corps. La surface alaire relative suivant les modes de vol. Étude comparée de la charge $\frac{P}{S}$ chez les Oiseaux et les avions monoplans.

Parmi les organes du vol, les ailes apparaissent, à première vue, comme les plus importants. Aussi l'étude de leur surface a-t-elle suscité de nombreux travaux. Le rapport de la surface alaire au poids du corps, surtout, a attiré depuis longtemps et tout particulièrement l'attention des savants, que le vol des Oiseaux a passionné.

Dubochet (*20*) a montré le premier que, lorsqu'on prend des Oiseaux de forme identique et possédant le même mode de vol, on constate que, si les espèces sont de tailles différentes, c'est au plus petit que revient la plus grande surface alaire.

De Lucy (*42*) poursuivit des recherches analogues. Il trouva, en faisant porter ses observations sur plusieurs sortes d'Oiseaux, que les individus possédaient d'autant plus de surface alaire qu'ils étaient moins pesants. Ses comparaisons ont été faites aussi bien sur les Insectes que sur les Oiseaux, pour lesquels il calculait la surface des ailes par kilogramme d'animal. Il arrivait ainsi à conclure qu'un Cousin de 1 kilogramme aurait 10 mètres carrés de surface alaire, alors qu'une Grue de 1 kilo. n'en posséderait que 8 centimètres carrés.

Mouillard (*71*), de son côté, par des comparaisons identiques, est arrivé à formuler la loi suivante :

La quantité de surface proportionnelle nécessaire à un Oiseau pour un genre de vol donné diminue avec l'augmentation du poids de l'Oiseau.

En un mot, d'une espèce à l'autre ou même dans une même espèce, la surface relative de l'aile augmente à mesure que le poids du corps diminue.

Mouillard a voulu expliquer cette loi qui résulte d'un rapport entre la manière de croître des volumes et des surfaces. Il a pensé que les surfaces représentent par leur frottement des causes retardatrices. Par contre, les volumes, par leur masse, produisent des effets accélérateurs. Ce bien et ce mal n'augmenteraient pas dans les mêmes proportions.

D'autres auteurs, auxquels cette loi a paru aussi difficile à comprendre, ont tenté à leur tour de fournir une explication raisonnée du fait.

Après Marey (*69*), Sée (*82*) croit que la nature, dans la construction des ailes des Oiseaux, s'est heurtée à une loi physique suivant laquelle les poids augmentent comme les cubes et les surfaces comme les carrés. Il compare un Aigle à un Pigeon. Si l'Aigle pèse quatre fois plus et si on lui donne quatre fois plus d'ailes en surface, ces ailes pèseront huit fois plus et seront ainsi deux fois trop lourdes. Afin de ne pas exagérer le poids de ces ailes, la nature aurait ainsi dû, en augmentant le poids, réduire la surface alaire comparée au poids. Ce raisonnement conduit l'auteur à expliquer de cette façon l'incapacité de voler pour l'Autruche, dont la surface alaire serait réduite ainsi mathématiquement.

D'autres, comme Cousin (*17*), ont cherché avec les chiffres de Mouillard le rapport qui pouvait exister entre les surfaces et les poids. Quand, par exemple, le poids augmente de 10, 100, 1 000, de combien doit diminuer la surface alaire ? L'auteur constate lui-même qu'il n'a pu arriver à aucun résultat.

J'ai repris cette étude de la surface alaire chez les Oiseaux, mais, au lieu de calculer géométriquement cette surface, comme l'ont fait presque tous mes prédécesseurs, j'ai décalqué, avec autant d'exactitude que possible, les ailes des Oiseaux que j'ai étendues sur du papier millimétré, de façon à donner aux rémiges l'écartement copiant le mieux celui réalisé dans la nature. J'ai dessiné alors leur contour, y compris les espaces digités qui se rencontrent fréquemment à l'extrémité de certaines ailes. J'ai pu avoir ainsi la surface réelle des ailes en centimètres carrés, très proche de la réalité.

J'ai tout d'abord divisé ces surfaces réelles exprimées en

centimètres carrés par le poids du corps exprimé en grammes. J'ai cherché ensuite quelle était cette surface par kilo d'animal. Voici les chiffres moyens que j'ai obtenus pour mes divers groupes, chiffres qui sont donnés par espèces dans les grands tableaux des pages 177 et suivantes, exception faite pour celles chez lesquelles les sexes sont de poids très différents :

	Poids moyen du corps.	Surface alaire par kilo.
	Gr.	Dmq.
Palmipèdes voiliers	2 552,7	21,7
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	21
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	26,6
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	17,1
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	8,9
Gallinacés rameurs	861,2	10,2
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	9,2
— ramo-planeurs	697,1	30,7
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	40,5
— diurnes ramo-planeurs	423,7	29,2
Colombins rameurs	326,3	18,2
Corvidés ramo-planeurs	272	32,2
Échassiers plongeurs rameurs	260	19,5
— rameurs riverains	176,9	25,9
Passereaux ramo-planeurs	46,7	57,2
— plongeurs rameurs	36,4	29,6
— rameurs à vol soutenu	33,1	51,6
— rameurs à vol peu soutenu	23,9	57
— vibrateurs	2,85	54

De l'examen de ce tableau il peut sembler résulter qu'il y a un rapport inverse entre la surface alaire par kilo et le poids du corps. Or, il apparaît cependant de suite que ce rapport ne varie pas d'une façon simple. Tout au plus peut-on dire qu'approximativement et d'une manière générale, chez les Oiseaux, ce sont les plus gros qui ont le moins de surface alaire par kilo et les petits qui en offrent le plus. Cette approximation serait, d'ailleurs, en partie contraire à l'observation courante. En effet, si l'on regarde une Caille et une Chouette, il paraît évident que cette dernière est la mieux voilée; mais c'est au résultat contraire que l'on arrive en effectuant le rapport dont je viens de parler. Disons de suite que ce résultat n'a aucun sens ; il est la conséquence d'artifices mathématiques. En effet, le rapport :

$$\frac{\text{Surface des ailes}}{\text{Poids du corps}} = \frac{Kl^2}{K'l^3} = \frac{K}{K'l}$$

n'est pas homogène. Il demeure fonction d'une dimension linéaire de l'Oiseau. Donc plus celui-ci sera grand et plus le rapport en question sera petit.

La simple étude de ce rapport ne présenterait que peu d'intérêt, si elle ne permettait pas de montrer que, malgré l'artifice mathématique, il est possible de mettre en partie en évidence les différences réelles de surface alaire existant suivant les divers types. Il suffit, pour cela, de comparer, sur le tableau précédent, les groupes de poids moyens les plus rapprochés. Ainsi les Palmipèdes nageurs rameurs (Oies, Canards) ont trois fois moins de surface alaire par kilo que les Rapaces diurnes voiliers (Vautours, Aigles), bien que pesant, en moyenne, une fois et demie moins. Il en est de même en ce qui concerne les Rapaces diurnes ramo-planeurs (Autours, Faucons) et les Colombins rameurs (Pigeons); on se rend compte que les Colombins, qui devraient, si la loi d'inversion était exacte, posséder le plus de surface portante par kilo, en ont au contraire le moins. Par conséquent, nous pouvons affirmer que, malgré l'artifice mathématique employé, les Rapaces diurnes voiliers et ramo-planeurs ont beaucoup plus de surface alaire que les Palmipèdes nageurs rameurs et que les Colombins rameurs. C'est ce que j'ai pu démontrer par une autre méthode. J'ai estimé qu'il fallait rapporter une surface à une surface, par conséquent établir des rapports homogènes, comme l'avaient fait antérieurement d'autres auteurs, qui comparaient la racine carrée de la surface alaire à la racine cubique du poids.

C'est Precht (*80*) le premier qui eut recours à ce procédé.

Hartings (*26*), dans la suite, opéra de la même façon. Il trouva des rapports divers qu'il estima assez voisins pour établir des moyennes.

Marey (*69*) ajouta de nouveaux Oiseaux à la liste de Hartings et trouva un rapport moyen de 4,2.

Mullenhoff (*73*) chercha à comparer les Insectes et les Oiseaux. Il se servit des mêmes rapports que ses prédécesseurs et en calcula le logarithme. Il classa ainsi les animaux

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
I. Rapaces diurnes voiliers.	Gr.	Dmq.		Kg.
Gyps fulvus (Habl.).....	7 269	14,5	22,5	6,8
Gypaëtus barbatus grandis Storr................	5 385	13,8	24,2	7,2
Catharista atrata (Bartr.)..	1 702	17,7	21,2	5,6
Aquila chrysa tus (L.)...	3 712	14,5	22,5	6,8
Hieraëus fasciatus (Vieill.).	2 060	15,4	19,6	6,4
Helotarsus ecaudatus (Daud.).....	2 095	17,1	22	5,8
Geranoa tus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	16,7	21,5	5,9
Cirça tus gallicus (Gmel.).	1 655	24,9	29,5	4
Buteo buteo (L.).........	1 027	26,2	26,9	3,8
Pernis apivorus (L.).....	615	30,8	26,2	3,2
Pandion halia tus (L.)...	1 105	25,4	26,3	3,9
Circus æruginosus (L.)..	680	33,3	29,2	3,
Circus cyaneus (L.) ♀....	471,50	37,3	29	2,6
— *cyaneus* (L.) ♂.....	331	42,5	29,4	2,3
— *pygargus* (L.).....	236,50	54,8	33,9	1,8
— *macrurus* (Gmel)..	386	36,6	26,6	2,7
Milvus milvus (L.)......	927	31,3	30,5	3,1
II. Palmipèdes voiliers.				
Diomedea exulans L.....	8 502	7,3	14,9	13,6
Fregata aquila (L.)	1 620	20	23,3	5
Sula bassana (L.).......	2 690	9,1	12,7	10,8
Puffinus kuhli Boie......	572	22,4	18,6	4,4
Hydrobates pelagicus (L.)..	17,40	57,4	14,7	1,7
Larus marinus L........	1 915	14,2	17,7	7
III. Échassiers ramo-planeurs.				
Ardea cinerea (L.).......	1 408	25,5	28,6	3,9
Egretta alba (L.)........	1 178	24	25,3	4,1
Botaurus stellaris (L.)....	1 198	22,5	23,9	4,4
Nycticorax nycticorax (L)..	512	30,8	24	3,2
Platalea leucorodia L.....	1 565	15,9	18,5	6,2
Ciconia ciconia (L.).....	3 438	14,4	21,8	6,9
Megalornis grus (L.)....	4 175	13,3	21,5	7,4
Leptoptilus crumeniferus Less................	7 030	11,7	21,5	8,5
Vanellus vanellus (L.)...	211	31,6	18,8	3,1
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.				
Bubo bubo (L.).........	1 720	21,6	25,9	4,6
Asio otus (L.)..........	247	43,8	27,4	2,2
— *flammeus* Pont.....	390	35,8	23,8	2,7

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Dmq.		Kg.
Otus scops (L.)	49,75	81,4	30	1,2
Tyto alba (L.)	279	41,7	27,3	2,3
Strix aluco L.	418	31,2	23,3	3,2
Athene noctua (Scop)	161,50	28,4	15,5	3,5
V. RAPACES DIURNES RAMO-PLANEURS.				
Accipiter gentilis (L.)	708	18,6	16,6	5,3
— *nisus* (L.) ♀	221	37,2	22,5	2,6
— *nisus* (L.) ♂	136	39	20,1	2,5
Polyborus tharus (Mol)	1 209	19,2	20,5	5,6
Falco tinnunculus L. ♀	245	28,9	18,1	3,4
Falco tinnunculus L. ♂	172	40,9	22,7	2,4
Falco peregrinus Tunst	813	15,8	14,7	6,3
Falco subbuteo L.				
— *columbarius regulus*.	165	33,8	18,6	2,9
Pall.	145	30,2	15,9	3,3
VI. CORVIDÉS RAMO-PLANEURS.				
Corvus corone L.	470	22,5	17,5	4,4
— *cornix* L.	633	20,8	17,9	4,7
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	29,5	23	3,3
Colœus monedula spermologus (Vieill.)	253	26,3	16,6	3,7
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	24,3	17,8	4,1
Graculus graculus (L.)	223	44,7	27,1	2,2
Nucifraga caryocatactes (L.)	161	32	17,4	3,1
Coracias garrulus L.	128	37,7	19,1	2,6
Pica pica (L.)	214	29,9	17,9	3,3
Garrulus glandarius (L.)	160	34,6	18,8	2,8
Upupa epops L.	91	40,2	18,1	2,4
Xanthoura yncas (Bodd)	71,3	44,3	18,4	2,2
VII. PASSEREAUX RAMO-PLANEURS.				
Cuculus canorus L.	104	40,3	19	2,3
Caprimulgus europæus L.	92	43,3	19,6	2,3
Apus apus (L.)	36,20	45,6	15,1	2,1
Chelidon rustica (L.)	18,35	73,4	19,5	1,3
Hirundo urbica (L.)	14,35	64,1	15,5	1,5
Riparia rupestris (Scop.)	15,50	76,7	19,1	1,3
VIII. PALMIPÈDES RAMO-PLANEURS.				
Phalacrocorax carbo (L.)	2 115	9,3	11,9	10,7
Puffinus puffinus (Brünn.)	342	16,8	11,7	5,9
Larus argentatus Pontop	1 189	17,7	18,8	5,6

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Dmq.		Kg.
Larus canus L.	367	31,3	22,5	3,1
Rissa tridactyla (L.)	488	59,7	15,6	5
Larus ridibundus L.	261	32,7	20,9	3
Sterna hirundo L.	118	47,7	23,4	2
IX. PASSEREAUX RAMEURS A VOL SOUTENU.				
Muscicapa striata (Pallas).	14,35	83,1	20,3	1,2
Ficedula hypoleuca (Pall).	12,50	72,8	17,1	1,3
Alauda arvensis L.	28,30	57,5	17,7	1,7
Anthus pratensis (L.)	18	53,8	14,2	1,8
— *trivialis* (L.)	20,70	60,3	16,8	1,6
Motacilla alba L.	22	60	16,9	1,6
— *flava* L.	16,50	61,2	15,7	1,6
— *cinerea* Tunstall	16	57,5	14,8	1,7
Lanius excubitor L.	50,50	41,5	15,4	2,4
— *senator* L.	26,10	55,1	16,3	1,8
— *collurio* L.	30,95	58,7	12,5	2,5
Luscinia megarhyncha. Brehm	17,10	58,5	15,1	1,7
Erythacus rubecula (L.)	17,75	49,6	12,9	2
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	70	16,5	1,4
— *ochrurus gibraltariensis* (Gmel.)	16,95	72,2	18,8	1,3
Pratincola rubetra (L.)	13,05	75,7	17,9	1,3
— *rubicola* (L.)	11,45	67,1	15,3	1,4
Phylloscopus bonellii Vieill.	7,65	82,3	16,5	1,2
Phylloscopus rufus Bechst.	5,25	91,8	16	1
Oriolus oriolus (L.)	72	38	15,8	2,6
Monticola solitarius (L.).	62,80	37,5	15	2,6
— *saxatilis* (L.)	47,50	33,6	12,2	2,9
Turdus merula L.	91,50	28,4	12,8	3,5
— *naumanni* Temm.	76,20	29,5	12,5	3,3
— *viscivorus* L.	106	29	13,7	3,4
— *pilaris* L.	98	23	10,6	4,3
— *musicus* L.	70,30	27,1	11,2	3,6
— *iliacus* L.	56	32,1	12,3	3,1
— *torquatus* L.	96,50	23	10,5	4,3
Sturnus vulgaris L.	79,50	24,1	10,4	4,1
Loxia curvirostra L.	47,60	35	12,7	2,8
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	35,2	12,3	2,8
Pyrrhula pyrrhula europæa Vieillot	21,40	44,3	12,3	2,2
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	87,6	17,8	1,1
Choris chloris (L.)	23,70	42,4	12,2	2,3
Fringilla cœlebs L.	21,15	48,4	13,4	2
— *montifringilla* L.	25,10	49	14,1	2

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Dmq.		Kg.
Passer domestica (L.)....	30	33,7	10,5	2,9
— *montana* (L.)......	15,20	50	12,4	2
Petronia petronia (L.)...	25	40	11,7	2,5
Carduelis carduelis (L)..	16,65	55,3	14,1	1,8
Spinus spinus (L.)......	11,80	57,6	13,3	1,7
Acanthis cannabina (L.).	15,80	60,8	15,5	1,6
Spinus citrinella (L.)....	11,95	61,8	14,2	1,6
Emberiza citrinella L. ..	25	52	15,3	1,9
— *cirlus* L......	23,10	45	12,6	2,2
— *hortulana* L. ..	33	36,9	11,9	2,7
— *cia* L.........	21,40	50,4	14	1,9
— *schœniclus* L ..	20	57	15,4	1,7
Regulus regulus (L.).....	3,80	84,7	13,4	1,1
X. Passereaux rameurs a vol peu soutenu.				
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)..........	14,30	55,2	13,4	1,8
Sylvia atricapilla (L.)....	16,25	54,7	13,9	1,8
— *simplex* Lath.....	15,80	47,4	12	1,8
— *communis* Lath....	18,65	46,7	12,4	2,1
Prunella modularis (L.)..	18	44,5	11,7	2,2
Hypolais icterina (Vieill.).	10,65	75,1	16,6	1,3
Acrocephalus cirpaceus. Herm...............	12,80	52,5	12,4	1,9
— *schœnobænus*. (L.)	10,40	50,9	11,2	1,9
Parus major L	21,45	47,5	13,3	2,1
— *cæruleus* L.	11	60	13,4	1,6
— *cristatus mitratus* Brehm...............	10,20	71,5	15,5	1,3
Parus palustris longirostris Kleinsch	10,90	58,8	13,1	1,6
Parus palustris communis Kleinsch	11,75	61,2	14,1	1,6
Ægithalus caudatus (L.)...	8	72,5	14,5	1,3
Gecinus viridis (L.)......	156	29,3	15,7	3,4
Dryobates major pinetorum (Br.)............	73	32,6	13,6	3
— *minor hortorum* (Brehm.)............	15,50	66,4	16,6	1,5
Jynx torquilla L.	37,30	31,1	10,4	3,2
Certhia brachydactyla Br..	8,50	77,6	16	1,2
Sitta europæa cæsia Wolf.	21,10	62,9	17,4	1,5
Trichodroma muraria (L.).	15	116	29,1	0,8
Troglodytes troglodytes. (L.)	10,10	41	9	2,4
XI. Passereaux vibrateurs.				
Eupherusa eximia (Del.)..	2,85	54	7,7	1,8

	Poids du corps.	Surface alaire. par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
XII. ÉCHASSIERS RAMEURS TERRESTRES.	Gr.	Dmq.		Kg.
Otis tarda (L.)...........	8 950	6,4	13,4	15,4
— *tetrax* L.............	830	12,5	12,5	7,9
Burhinus œdicnemus (L.).	522	14,5	11,7	6,8
Charadrius apricarius L...	178	20	11,2	5
— *morinellus* L........	90	27,4	12,3	3,6
Crex crex (L.)...........	155	20,5	11	4,8
Scolopax rusticola L.....	322	18,5	12,7	5,3
XIII. ÉCHASSIERS RAMEURS RIVERAINS.				
Numenius arquatus (L.).	768	15,3	14	6,5
Hæmatopus ostralegus L...	438	14,2	10,7	7
Charadrius hiaticula L. ...	62,20	30,2	12	3,3
Squatarola squatarola (L.).	216	19,1	11,5	5,2
Gallinago gallinago (L.)..	95,50	25,5	11,4	3,9
Limnocryptes gallinula (L.).	57	31,2	12	3,2
Canutus canutus (L.)....	88	30,6	13,7	3,2
Erolia alpina (L.).......	44	28,6	10,1	3,4
Arenaria interpres (L.)...	107,80	19,8	9,4	5
Calidris leucophæa (Pall.).	41,90	38,2	10,5	2,6
Machetes pugnax (L.)....	180	25,4	14,4	3,9
Tringa nebularius (Günn.).	156	26	14	3,8
— *erythropus* (Pall.)..	133	24,5	12,5	4
totanus. (L.).......	133	27,5	14	3,6
— *ochrophus* L.......	72,70	34,1	14,2	2,9
— *hypoleucus* (L.)....	48,50	30,5	11,2	3,2
Limosa lapponica (L.)..	197	26,4	15,4	3,7
Limosa limosa. (L.).....	228	23,1	14,1	4,3
Recurvirosra avocetta. L..	295	23,2	15,4	4,2
XIV. COLOMBINS RAMEURS.				
Columba palumbus L	495	16,1	12,7	6,2
— *œnas* L	306	17 4	11,8	5,7
Turtur turtur (L.).......	178	21,1	11,8	4,7
XV. GALLINACÉS RAMEURS.				
Tetrao urogallus. L. ♂..	3 361	4,2	6,3	23,4
— *urogallus.* L. ♀ ...	1 890	5,7	7	17,4
Lyrurus tetrix. (L.) ♂...	1 030	9,4	9,5	10,5
— *tetrix.* (L.) ♀	940	9	8,8	11
Tetrao medius Mey.....	1 193	8,2	8,7	12,1

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Dmq.		Kg.
Lagopus mutus (Martin.).	462,50	10,5	8,1	9,4
— *lagopus* (L.)	620	10,1	8,6	9,8
— *scoticus* Lath	624	9,5	8,1	10,4
Tetrastes bonasia (L.)....	278	13,9	9,1	7,1
Caccabis rufa (L.).......	490	10,6	8,4	9,3
— *saxatilis* Mey. et Wolf	606,50	7,8	6,6	12,7
Perdix perdix (L.)......	387	11,2	8,2	8,8
Coturnix coturnix (L.)...	83,20	20,6	9	4,8
Colinus pectoralis Gould..	131,50	14,9	7,6	6,7
Rhynchotus rufescens. (Temm)..............	821,70	8	7,5	12,4
XVI. Palmipèdes nageurs rameurs.				
Cygnus cygnus (L.)......	5 925	5,7	16,5	17,3
Anser fabalis (Lath.)....	3 110	8,6	12,5	11,5
— *anser* (L.)	3 065	8,8	12,7	11,3
— *albifrons* (Scop.)...	1 715	10,7	12,8	9,3
Branta bernicla (L.)	1 273	10,9	11,8	9,1
— *leucopsis* (Bechst.)..	1 150	10	10,5	9,9
Anas platyrhynchus L...	1 105	8,4	8,7	11,8
Spatula clypeata (L.)....	633	9,7	8,4	10,2
Dafila acuta (L.)	955	8,8	8,6	11,3
Mareca penelope (L.)....	830	8	7,5	12,4
Querquedula crecca (L.)..	293	11,9	7,9	8,3
— *querquedula* (L.)...	327	12,2	8,4	8,1
Clangula clangula (L.)...	622	8,3	7,1	12
Nyroca nyroca (Güld.)...	512	10	8	10
— *fuligula* (L.)	741	6,4	5,8	15,5
— *ferina* (L.)........	842	7,3	6,9	13,6
— *marila* (L.).......	675	9,2	8,1	10,8
Oidemia nigra (L.)......	870	7,8	7,4	12,7
— *fusca* (L.)	1 578	6,4	7,4	15,6
XVII Palmipèdes plongeurs rameurs.				
Mergus serrator L	818	7,2	6,7	13,8
— *merganser* L	1 470	5,8	6,6	17,1
— *albellus* L.........	495	8,7	6,9	11,4
Colymbus cristatus L	790	7,1	6,6	13,9
— *griseigena* Bodd ...	480	11,3	8,8	8,8
— *ruficollis* Pall	180	13,1	7,6	7,6
Gavia septentrionalis (L.).	957	9,3	9,1	10,7
— *arctica*. (L.)......	1 495	8	9,1	12,4
Alca torda L...........	780	4,9	4,5	20,3
Uria troille (L.).........	1 010	4,2	4,2	23,4
Fratercula arctica (L.)...	272	12,7	8,3	7,8
Alle alle (L.)...........	91,20	18,3	8,3	5,4

	Poids du corps.	Surface alaire par kilo d'animal.	Rapport de la surface alaire à la surface du corps $\sqrt[3]{P^2}$.	Poids supporté par mètre carré de surface alaire.
XVIII. ÉCHASSIERS PLONGEURS RAMEURS.	Gr.	Dmq.		Kg.
Fulica atra L.	578	10,7	8,9	9,3
Gallinula chloropus (L.)..	265	13,9	8,9	7,1
Porzana porzana (L.)....	69	33	13,6	3
Rallus aquaticus L.......	128	20,4	10,3	4,8
XIX. PASSEREAUX PLONGEURS RAMEURS.				
Alcedo ispida L	36,40	29,6	9,9	3,3
XX. OISEAUX NE VOLANT PLUS.				
Rhea americana (L.).....	10 555	4,5	9,9	22
Spheniscus demersus (L.).	2 944	0,3	0,4	327

qu'il avait étudiés :

1° Type Caille : log. = 0,25 à 0,5. Le vol de ces animaux est assez rapide, mais de courte durée. La surface alaire est très réduite : Dytique, Hydrophile, Poule d'eau, Caille.

2° Type Faisan : log. = 0,6. Le vol est plus long, la surface plus grande : Faisan, Paon, Lucane;

3° Type Moineau : log. = 0,6. Le vol est plus rapide : Passereaux ;

4° Type Corneille : log. = 0,6. Le vol rapide est plus prolongé : Hirondelle ;

5° Type des Planeurs : log. = 0,7 ;

6° Type des Voiliers à grandes ailes. — Milan, Aigle, Vautour : log. = 0,8.

RICHET (*81*) a fait de son côté de très nombreuses mensurations sur des Oiseaux très divers pendant un voyage au Brésil ; il a comparé la racine carrée de la surface alaire à la racine cubique du poids.

Il a trouvé un rapport assez constant : cependant il constate un écart du simple au double, ce qui, d'après lui, n'est

pas beaucoup si l'on songe à la diversité des conditions d'existence des Oiseaux examinés et à la diversité de leur taille. En analysant les chiffres extrêmes, il remarque que le rapport le plus faible 2,8 se rencontre chez le *Tinnamus guttatus,* qui est, dit-il, un Gallinacé qui vole à peine. Puis viennent les petits Oiseaux qui volent avec des battements d'ailes rapides, tels que *Sicalia flaveola* (R = 3,2). Le rapport maximum est donné par le Toucan. Richet estime que cet Oiseau a un énorme bec qui, tant par sa surface que par son poids, rend le vol difficile et exige certainement un grand effort pour vaincre la résistance de l'air et pour compenser cette déviation du centre de gravité reporté en avant, beaucoup plus que chez les autres Oiseaux, par suite de cette singulière conformation du bec. Il ajoute qu'il existe de gros Oiseaux comme les Palmipèdes dont les rapports sont très faibles, qui compensent la faiblesse de leur surface par la rapidité de leurs battements d'ailes et qui ne planent que très rarement, et il conclut de son étude que ce n'est pas par la taille, mais par la nature du vol, qu'il y a, chez les divers Oiseaux, un rapport différent.

Richet a, comme beaucoup d'autres auteurs, étudié aussi la surface totale de l'Oiseau, ailes et corps compris. Je n'ai pas cru nécessaire de m'attacher à l'étude de cette question, car, si la résistance à l'avancement dans l'air est occasionnée par le corps tout entier, par sa carène et ses ailes, je pense que, indiscutablement, la sustentation est assurée presque uniquement par les ailes, dans certains cas aussi par la queue, et pas du tout par le corps.

Dans les recherches organométriques que j'ai entreprises sur les ailes, j'ai préféré, ce qui n'avait pas été encore tenté, rapporter la surface alaire réelle des Oiseaux exprimée en centimètres carrés à la surface du corps calculée par la formule $\sqrt{P^2}$, P étant exprimé en grammes. Dans ces conditions, on obtient des rapports de surfaces relatives plus faciles à comparer, qui sont homogènes et qui offrent une valeur indiscutable. De plus, on verra plus loin que cette méthode permet de déterminer les dimensions idéales des aéroplanes susceptibles de se soutenir dans l'air en volant à voile ou en planant comme les Oiseaux.

Voici les résultats moyens que j'ai trouvés pour les divers oiseaux :

	Poids moyen du corps.	Rapport de la surface alaire à la racine cubique du poids porté au carré.
	Gr.	
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	25,9
— nocturnes ramo-planeurs	466,4	24,7
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	22,6
Corvidés ramo-planeurs	272	19,1
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	18,8
Passereaux ramo-planeurs	46,7	17,9
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	17,8
— voiliers	2 552,7	16,9
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	23,9	14,3
— rameurs à vol soutenu	33,1	14,2
Échassiers rameurs riverains	176,9	12,6
— rameurs terrestres	1 578,1	12,1
Colombins rameurs	326,3	12,1
Échassiers plongeurs rameurs	260	10,4
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	9,9
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	9,3
Gallinacés rameurs	861,2	8,1
Passereaux vibrateurs	2,85	7,7
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	7,2

Je dirai tout d'abord que je n'ai pas effectué de moyennes pour les Oiseaux qui ne volent pas, étant donné leur genre de vie très différent.

On voit que le rapport moyen de la surface alaire à la surface du corps varie beaucoup d'un type à l'autre. L'écart va de 7,2 à 25,9 ; il est plus considérable encore si l'on examine les chiffres extrêmes. La surface relative de l'aile atrophiée du Pingouin du Cap n'est que de 0,4, alors que celle-ci est de 33,9 chez le Buzard cendré ; cette surface est encore assez grande chez le Nandou, puisqu'elle est voisine de celle des Palmipèdes plongeurs qui volent de façon assez convenable, sur de courtes étendues, il est vrai.

Il est bon de dire, en outre, que les chiffres moyens sont susceptibles de varier avec le nombre des Oiseaux étudiés ; ils sont exacts pour les poids du corps donnés ; ils seraient, toutefois, très voisins de ceux contenus dans le tableau si les poids étaient différents.

J'ai voulu aussi chercher à déterminer la surface réelle du corps de l'Oiseau afin de parer à l'objection qui peut m'être faite de l'emploi dans les calculs d'une surface du corps fictive.

Pour cela, je me suis servi d'une méthode nouvelle, que j'ai le premier appliquée avec un collaborateur.

J'ai composé une peinture lourde en mélangeant intimement 26 grammes de céruse avec 100 grammes d'huile de lin. J'ai enduit le corps de l'animal de cette peinture. Il m'a suffi de peser le corps déplumé de l'Oiseau avant et après l'opération pour avoir le poids exact P de peinture déposée.

En divisant la surface réelle des ailes par P, on trouve des rapports identiques à ceux du tableau précédent. Les Oiseaux se classent de façon pour ainsi dire analogue, comme le prouve le tableau suivant :

	Poids du corps.	Poids de céruse déposée sur le corps.	Surface réelle des ailes.	Surface alaire relative.
	Gr.	Gr.	cq.	
Vautour fauve, *Gyps fulvus* (Habl.)	7 269	75	7 252	96
Marabout à sac, *Leptoptilus crumeniferus* Less.	7 030	87	8 270	95
Crécerelle, *Falco tinnunculus* L.	245	7,50	708,2	94
Choucas gris, (*Colœus monedula spermologus* (Vieill.)	253	8,50	666,5	78
Bouvreuil, *Pyrrhula pyrrhula europæa* Vieill.	21,4	1,80	95	52
Perdrix grise, *Perdix perdix* (L.)	387	10	435	43
Chevalier gambette, *Tringa totanus* (L.)	133	6	366	61
Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* L.	1 105	24	936	39

Les Oiseaux sont donc de toute évidence plus ou moins voilés. Ceux qui possèdent la plus grande surface alaire relative sont des voiliers ou de bons planeurs. En fait, ils sont capables d'effectuer des vols à voile ou des planements de longue durée justement parce qu'ils sont bien voilés. Toutefois, il y a lieu de remarquer que les grands voiliers comme les Palmipèdes, qui utilisent surtout le vent horizontal fort coupé de rafales, ont une plus petite surface portante que

les Rapaces voiliers, qui se servent du vent ascendant ou du vent horizontal faible, lesquels nécessitent, pour avoir une action efficace, une surface d'ailes plus étendue. En outre, les Rapaces nocturnes, bien que rameurs et planeurs, possèdent une voilure presque égale à celle des Rapaces voiliers. C'est peut-être pour cette raison qu'ils peuvent effectuer des vols battus silencieux. Je reviendrai sur ce point en étudiant le poids des ailes. Les Rapaces ramo-planeurs, par contre, ont des ailes plus réduites, et c'est pour cela qu'ils sont obligés de ramer.

Les groupes qui ont une surface relative d'ailes moyenne ou petite sont tous formés d'individus rameurs, qui peuvent quelquefois effectuer des planements de courte durée lorsque leur vitesse est suffisante, comme les Gallinacés, les Colombins, ou qui ne sont susceptibles de se soutenir dans les airs qu'en battant continuellement des ailes, tels que les Palmipèdes rameurs. Les Oiseaux-Mouches, qui ne se maintiennent en l'air qu'en faisant vibrer leurs ailes, possèdent une des plus petites surfaces alaires. J'ajouterai enfin, comme on peut le voir par l'examen des chiffres individuels, que, dans les divers groupes, les rapports sont assez voisins et que jamais, par exemple, on ne trouve un Rapace voilier présentant une surface réduite comme celle d'un Palmipède rameur, et réciproquement. En réalité, les individus des groupes rameurs ont tous une surface alaire relative, inférieure à 17. Par conséquent, on peut dire qu'au-dessous d'une telle surface, le vrai planement devient difficile et que le vol ramé plus ou moins continu est seul possible, ce vol étant d'autant plus défectueux et court que la surface est plus réduite. C'est pour cette raison que les Gallinacés et les Palmipèdes plongeurs sont des Oiseaux qui ne volent que fort peu et passent la plus grande partie de leur vie sur terre ou dans l'eau.

Il est possible de rendre encore plus frappantes les différences qui existent entre les diverses surfaces alaires des groupes d'Oiseaux. Pour cela, j'ai pris des photographies d'ailes grandeur naturelle, et je les ai réduites de façon à les ramener aux dimensions qu'auraient ces mêmes ailes, si les Oiseaux pesaient tous un gramme. La planche I met sous les

yeux, d'une manière évidente, les variations de la surface alaire. Ce procédé, qui est rigoureusement exact, permet de mieux saisir les différences qui apparaîtraient déjà sans cet artifice ; Ile traduisent la valeur de l'aile dans chaque type. On voit que ce procédé mécanique donne le même classement qu'en faisant la moyenne des rapports de la surface alaire à la surface du corps suivant les divers groupes.

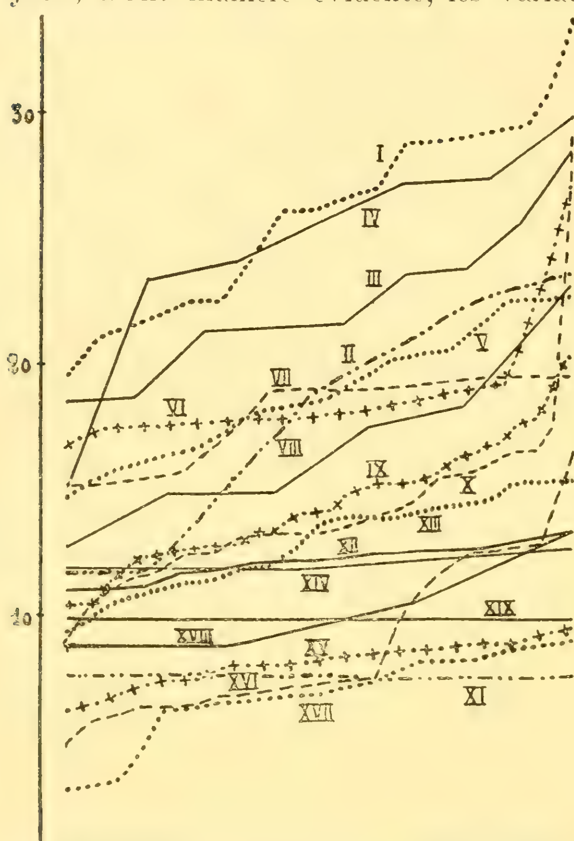


Fig. 13. — Tableau comparatif de la surface alaire relative suivant le mode de vol.

I. Rapaces diurnes voiliers. — II. Palmipèdes voiliers. — III. Echassiers ramo-planeurs. — IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs. — V. Rapaces diurnes ramo-planeurs. — VI. Corvidés ramo-planeurs. — VII. Passereaux ramo-planeurs. — VIII. Palmipèdes ramo-planeurs. — IX. Passereaux rameurs à vol soutenu. — X. Passereaux rameurs à vol peu soutenu. — XI. Passereaux vibrateurs. — XII. Échassiers rameurs terrestres. — XIII. Échassiers rameurs riverains. — XIV. Colombins rameurs. — XV. Gallinacés rameurs. — XVI. Palmipèdes nageurs rameurs. — XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs. — XVIII. Échassiers plongeurs rameurs. — XIX. Passereaux plongeurs rameurs.

J'ai été obligé jusqu'ici de donner des moyennes, d'abord pour rendre la démonstration plus saisissante et aussi parce qu'il n'était pas possible de discuter tous les chiffres individuels, faute de place. Mais on pourrait dire que l'emploi des moyennes entraîne peut-être une simplification excessive. Sans elles, peut-être aurait-on tiré une conclusion différente. J'ai voulu montrer qu'en considérant tous les indi-

vidus dans chaque série formée par des Oiseaux de même genre de vol, les résultats restaient analogues en même temps que l'illustration était plus nette. Pour cela, il suffit de schématiser cette étude de la surface alaire dans un graphique (fig. 13). Après avoir rangé préalablement les Oiseaux d'un même groupe, les Palmipèdes voiliers, par exemple, de façon à ce que leur surface d'ailes aille en croissant, je porte sur la ligne des abscisses autant de points qu'il y a d'individus dans cette série. A chaque point ainsi obtenu, j'élève une ordonnée dont la longueur sera proportionnelle à la surface alaire relative de l'Oiseau correspondant. Je dessine ainsi une ligne ascendante, si je joins les points par un trait continu, puisque les animaux sont rangés par rapport croissant. La hauteur de cette ligne au-dessus de l'axe des abscisses repré-

	Nombre d'espèces ou individus.	Valeur de l'abscisse.
		mm.
Rapaces diurnes voiliers	17	6,2
— nocturnes ramo-planeurs	7	16,6
Échassiers ramo-planeurs	9	12,5
Corvidés ramo-planeurs	12	9
Rapaces diurnes ramo-planeurs	9	12,5
Passereaux ramo-planeurs	6	20
Palmipèdes ramo-planeurs	7	16,6
Palmipèdes voiliers	6	20
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	22	4,7
— rameurs à vol soutenu	50	2
Échassiers rameurs riverains	19	5,5
— rameurs terrestres	7	16,6
Colombins rameurs	3	50
Échassiers plongeurs rameurs	4	33,3
Passereaux plongeurs rameurs	1	100
Palmipèdes nageurs rameurs	19	5,5
Gallinacés rameurs	15	7,1
Passereaux vibrateurs	1	100
Palmipèdes plongeurs rameurs	12	9

sentera la valeur de cette surface dans le groupe considéré. Si j'agis ainsi pour les dix-neuf premières séries dont j'ai donné la liste plus haut et si je condense sur un même croquis les dix-neuf dessins ainsi obtenus, j'ai un graphique sur lequel s'inscriront des lignes superposées dont les différentes hauteurs, je le répète, au dessus de la ligne des abscisses, donneront un

classement des Oiseaux, d'après leur surface relative. Cependant, il y a lieu de tenir compte d'un élément dans la construction de ces diverses lignes avant de les établir. Dans chaque groupe, le nombre des individus n'est pas évidemment le même. Il faut faire équivaloir ces nombres et donner à tous les groupes la même étendue horizontale, ce à quoi on parvient en choisissant pour chacun une valeur d'abscisse fixée d'après le nombre par le tableau ci-dessus (p. 189).

Ce graphique, que j'ai fait en ce qui concerne le rapport de la surface alaire à la racine cubique du poids porté au carré et que je reproduis ici, fournit encore le même classement que les moyennes. C'est à peine si quelques groupes paraissent subir un léger déclassement, ce qui est compréhensible, la vision d'ensemble donnée par le procédé des moyennes étant moins précise peut-être, d'autant plus que chaque ligne est établie au moyen de rapports fournis par des individus dont les extrêmes pratiquent souvent un genre de vol faisant passage aux autres modes de locomotion aérienne. On se rend compte toutefois que la plupart des séries sont nettement séparées et que, malgré tout, l'usage de chiffres moyens ne donne pas de résultats factices, puisque les Rapaces voiliers, par exemple, sont bien en haut et les Palmipèdes et les Gallinacés rameurs en bas de l'échelle. Les légers déclassements que l'on peut constater proviennent aussi de ce que, comme je viens de le dire, dans chaque groupe il existe des espèces qui font passage aux autres groupes. C'est ainsi que les Cygnes et les Oies possèdent une surface alaire plus développée que les Canards ; ce fait obligerait presque de les mettre dans une série à part qui ferait transition entre les Anatidés vrais et les Palmipèdes ramo-planeurs, car les Anséridés sont en effet susceptibles de certains planements que n'effectuent jamais les Canards.

Cependant, il est une caractéristique, examinée en aviation sous le nom de charge, qui représente le nombre de kilogrammes soulevés par mètre carré de surface portante et que nos conclusions ne mettent pas en évidence.

La charge, rapport d'un poids à une surface, n'est pas un nombre ; elle conserve une dimension linéaire de l'appareil

ou de l'animal considéré et ne peut, par conséquent, prêter à de légitimes comparaisons qu'entre appareils ou animaux de même taille.

Pour ce qui est des aéroplanes, quand ils sont à peu près équivalents comme poids, la comparaison est très intéressante à faire. Mais s'il s'agit, sans précautions, de comparer la charge d'un aéroplane à celle d'un Oiseau cent fois plus petit que lui, ou celle d'un Aigle à celle d'un Oiseau-Mouche, on risque de commettre les plus grossières erreurs et, par exemple, d'être amené à conclure, comme on l'a déjà fait, que les plus gros Oiseaux sont les moins bien doués pour le vol, ce qui est manifestement inexact.

Cependant, pour la comparaison avec les aéroplanes, il serait peut-être utile de faire apparaître la valeur des charges. Dans chaque groupe, j'ai fait les moyennes des poids totaux des diverses espèces et les moyennes des charges supportées par mètre carré. J'ai obtenu les deux premières colonnes du tableau suivant :

	Poids moyens.	Charge $\frac{P}{S}$	K.	$\sqrt[3]{K}$.	$\sqrt[3]{K}\,\frac{P}{S}$
	Gr.	Kg par mq.			Kg. par mq.
Palmipèdes voiliers	2 552,7	7,	1,00	1,00	7
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	5,3	1,10	1,03	5,4
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	4,4	1,36	1,10	4,8
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	6,9	1,61	1,17	8
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	11,6	1,85	1,22	14,1
Gallinacés rameurs	861,2	11	2,96	1,43	15,7
Palmipèdes plongeurs rameurs...	736,5	12,7	3,46	1,51	19,1
— ramo-planeurs	697,1	5	3,66	1,54	7,7
Rapaces nocturnes ramo-planeurs.	466,4	2,8	5,47	1,76	4,9
— diurnes ramo-planeurs...	423,7	3,8	6,02	1,81	6,8
Colombins rameurs	326,3	5,5	7,82	1,98	10,8
Corvidés ramo-planeurs.........	272	3,2	9,38	2,10	6,7
Échassiers plongeurs rameurs ...	260	6	9,81	2,14	12,8
— rameurs riverains	176,9	4	14,42	2,43	9,7
Passereaux ramo-planeurs	46,7	1,8	54,65	3,79	6,8
— plongeurs rameurs ...	36,4	3,3	70,12	4,12	13,5
— rameurs à vol soutenu.	33,1	2,1	77,35	4,26	8,9
— rameurs à vol peu soutenu.	23,9	1,8	106,80	4,74	8,5
Passereaux vibrateurs	2,85	1,8	895,64	9,63	17,3

Les animaux étant rangés par poids moyens décroissants,

il serait tout naturel, d'après ce que nous avons expliqué, d'attendre aussi un rangement par charge décroissante. Or cette décroissance de charge n'est pas nette. Il y a donc un phénomène que l'artifice mathématique signalé n'arrive pas à masquer ; il s'agit alors de le démasquer tout à fait et de le dégager.

Comme je l'ai dit, la considération de la charge est légitime entre animaux de même taille. Or supposons tous nos Oiseaux de même densité, ce qui est assez juste, et de même forme ou semblables entre eux, ce qui ne l'est pas, et soient

$$p_1, p_2, p_3 \ldots p_n$$

les différents poids moyens. Les quotients

$$\frac{p_1}{p_1} = K_1, \frac{p_1}{p_2} = K_2 \frac{p_1}{p_3} = K_3 \ldots \frac{p_1}{p^n} = K_n.$$

nous fournissent des nombres K tels que, si l'on multiplie, par exemple, le poids $p\alpha$ par $K\alpha$, on doit obtenir p_1.

De même, avec les hypothèses faites, si l'on multiplie une surface $S\alpha$ par le coefficient $\sqrt[3]{K_\alpha^2}$, on doit retrouver S_1, la même surface dans le premier groupe d'Oiseaux.

De même encore, si l'on multiplie une longueur $L\alpha$ par le coefficient $\sqrt[3]{K\alpha}$, on doit retrouver L_1, la même dimension dans le premier groupe d'Oiseaux.

Cela étant, la charge $\frac{P}{S}$ est un certain nombre N multiplié par une dimension linéaire L. En sorte que, d'une façon générale, on devrait avoir, si les Oiseaux étaient semblables entre eux et si la loi de Hartings était juste :

$$\frac{p_1}{S_1} = \frac{K\alpha\, p\alpha}{K^{2/3}\alpha\, S\alpha} = \sqrt[3]{K\alpha}\, \frac{p\alpha}{S\alpha}.$$

J'ai alors calculé les coefficients K, puis $\sqrt[3]{K}$, effectué la multiplication de chaque charge par le coefficient correspondant et trouvé, enfin, les nombres qui constituent la dernière colonne du tableau précédent, donnant les charges que sup-

portent les ailes des différents ordres d'Oiseaux, ramenés à la même taille.

Ces charges ne sont point égales, il s'en faut.

Leur considération permet le classement suivant :

	Charge Kg. par mètre carré de surface alaire.
Rapaces diurnes voiliers	4,8
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	4,9
Échassiers ramo-planeurs	5,4
Corvidés ramo-planeurs	6,7
Rapaces diurnes ramo-planeurs	6,8
Passereaux ramo-planeurs	6,8
Palmipèdes voiliers	7
— ramo-planeurs	7,7
Échassiers rameurs terrestres	8
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	8,5
Passereaux rameurs à vol soutenu	8,9
Échassiers rameurs riverains	9,7
Colombins rameurs	10,8
Échassiers plongeurs rameurs	12,8
Passereaux plongeurs rameurs	13,5
Palmipèdes nageurs rameurs	14,1
Gallinacés rameurs	15,7
Passereaux vibrateurs	17,3
Palmipèdes plongeurs rameurs	19,1

Il est encore identique dans l'ensemble à celui fourni par l'étude de la surface alaire relative. Ce sont les voiliers et les ramo-planeurs dont les ailes supportent la plus petite charge. Ce sont les grands rameurs et les vibrateurs dont les ailes portent la plus lourde charge.

Enfin il est bon de faire observer que, si les avions actuellement en usage étaient ramenés par un raisonnement analogue à la même taille que précédemment, c'est-à-dire à la dimension d'un Oiseau d'un mètre d'envergure environ, on s'apercevrait que certains groupes d'Oiseaux portent une charge beaucoup plus considérable que les appareils actuels. Ainsi, un appareil de 10 mètres d'envergure portant 40 kilos au mètre carré, réduit à un mètre d'envergure, ne porterait plus que 4 kilos au mètre carré ; de même un Palmipède plongeur rameur de 10 mètres d'envergure soulèverait 191 kilos au mètre carré.

Il est possible, d'ailleurs, de comparer de façon plus précise les Oiseaux aux aéroplanes et de mettre encore mieux en évidence les diverses valeurs des charges par le procédé que j'ai employé pour les Oiseaux seuls. Pour cela, j'ai calculé les charges, les coefficients K, puis la $\sqrt[3]{K}$ de certains monoplans

exposés au dernier salon de l'Aéronautique et de certains Oiseaux intéressants par leur mode de vol bien caractéristique. J'ai ensuite effectué la multiplication de chaque charge réelle par $\sqrt[3]{K}$ et obtenu les charges que supportent les divers appareils et êtres volants ramenés ainsi approximativement à la même taille. Ces nombres ont été consignés dans le tableau suivant :

	Poids.	Charge $\frac{P}{S}$.	K.	$\sqrt[3]{K}$.	Charge $\sqrt[3]{K}\frac{P}{S}$
	Gr.	Kg.			Kg.
Monoplan Ernoul	2 990 000	46	1	1	46
Monoplan Hanriot (course)	750 000	106	4	1,5	159
Albatros (Palmipède voilier)	8 502	13,6	351	7	95,2
Gypaète (Rapace voilier)	5 385	7,2	557	8,2	59
Coq de bruyères (Gallinacé rameur)	1 890	17,4	1 582	11,6	201,8
Guillemot (Palmipède rameur)	1 010	23,4	2 960	14,3	334,6

On se rend compte que le Gypaète qui se sert fréquemment du vent ascendant ou du vent horizontal faible pour voler à voile, et que l'Albatros, qui vole contre le vent de façon remarquable et pendant des heures entières sans donner pour ainsi dire un seul coup d'aile, portent beaucoup plus par mètre carré que le premier monoplan, moins par contre que l'appareil de course. Par contre, le Coq de bruyères, qui, à certains moments de son vol, peut être comparé au monoplan Hanriot, pendant les temps de planement précédant l'atterrissage par exemple, possède des surfaces d'ailes qui supportent des charges plus grandes que cet avion. Le Guillemot, animal plongeur, mais capable d'effectuer des vols d'une certaine distance au-dessus des flots, grâce à des coups d'ailes rapides, se révèle le plus puissant. Muni d'ailes très réduites pour son gros corps, il m'est apparu comme le volateur supportant la plus lourde charge parmi les Oiseaux, la charge $\frac{P}{S}$ étant chez lui de $23^{kg},4$, alors qu'elle n'est en moyenne que de $19^{kg},1$ pour les espèces de son groupe.

Or, tous les Oiseaux que j'ai examinés, ce ne sont que des avions à vide, alors que j'ai considéré le poids total en ordre de marche des monoplans. Un Oiseau est, en effet, susceptible d'enlever beaucoup plus que son poids, et sa puissance sustentatoire est beaucoup plus grande que celle indiquée dans le tableau précédent.

CHAPITRE III

Le poids des ailes.

Le poids des ailes, des bras et des plumes alaires par kilo d'animal. Le rapport des ailes, des bras et des plumes alaires suivant l'étendue des ailes. Ailes lourdes et légères.

Pour l'examen de cette question, deux points sont à considérer : c'est, d'une part, le rapport du poids réel des ailes au poids du corps et, d'autre part, le rapport du poids des ailes à la surface alaire, ce qui nous renseignera sur leur légèreté ou sur leur lourdeur. Il y a en effet un gros intérêt à préciser si les ailes sont plus ou moins massives ou légères relativement à l'étendue de leur surface. MAREY (*69*) s'était rendu compte de l'importance de cette étude au point de vue de la structure générale des ailes, bien qu'il ne l'ait pas tenté.

Sur la façon de peser les ailes, il n'y a rien de bien particulier à dire. Il suffit seulement d'opérer avec précision et de chercher le poids, aussi exact que possible, des ailes désarticulées de l'épaule. Les pesées des membres supérieurs privés de plumes et celle des rémiges et couvertures sont aussi faciles à réaliser. Ce sont ces divers poids que j'ai rapportés pour chaque espèce au poids du corps et à la surface des ailes. J'ai consigné les chiffres ainsi trouvés dans les grands tableaux ci-joints (pages 198 à 203).

Pour présenter un premier aperçu du sujet, je vais d'abord envisager dans chaque groupe caractérisé par un mode de vol différent la moyenne de la quantité relative d'ailes, de membres supérieurs dépourvus de plumes et de plumes elles-mêmes, c'est-à-dire le poids de ces organes par kilo d'animal. Je résumerai les résultats que j'ai obtenus dans le tableau suivant, qui donne un classement des groupes d'Oiseaux suivant le poids relatif de leurs ailes.

	Poids du corps.	Poids relatif des ailes entières.	Poids relatif des membres supérieurs déplumés.	Poids relatif des plumes des ailes.
	Gr.	G	Gr.	Gr.
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	214,5	148	66,5
— nocturnes ramo-planeurs	466,4	195,4	142,1	53,3
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	186,6	129,1	57,5
Rapaces diurnes ramo-planeurs ...	423,7	183,7	130,6	53
Palmipèdes voiliers.............	2 552,7	172,4	123,2	49,2
— ramo-planeurs	697,1	162,5	107,6	54,9
Passereaux ramo-planeurs.......	46,7	154,3	113,1	41,2
Corvidés ramo-planeurs	272	147,1	104,9	42,2
Colombins rameurs	326,3	141,2	107,5	33,7
Échassiers rameurs terrestres ...	1 578,1	124,2	90,5	33,7
Palmipèdes nageurs rameurs.....	1 380	117,4	88,5	28,8
Échassiers rameurs riverains.....	176,9	115	81,1	33,9
Passereaux rameurs à vol soutenu	33,1	109,9	81	28,9
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	23,9	103,2	76,2	27
Passereaux plongeurs rameurs ...	36,4	103	81	22
Gallinacés rameurs	861,2	90,7	68,3	22,3
Palmipèdes plongeurs rameurs...	736,5	87,2	65,9	21,3
Échassiers plongeurs rameurs ...	260	79,2	57,9	21,2
Passereaux vibrateurs...........	2.85	62	47	15

De l'examen de ce tableau, il ressort à première vue, que le poids relatif des ailes varie, en somme, comme la surface alaire. L'identité de cette variation apparaîtra de façon plus évidente si nous employons la méthode graphique (fig. 14). A cet effet, représentons sur la ligne des abscisses par des points équidistants les dix-neuf premières séries d'Oiseaux rangés par poids décroissant. Portons sur les ordonnées élevées en chacun de ces points les quantités moyennes de surface alaire relative et les poids relatifs des ailes correspondant à chacune de ces séries. En réunissant les points relatifs à chacun des deux rapports, on se rend compte que la surface alaire et le poids des ailes varient dans le même sens en passant d'un groupe défini par un mode de vol à un autre groupe défini par un autre mode de vol. Il y a pour ainsi dire très peu de divergences à signaler. Ce sont les voiliers et les ramo-planeurs à grande surface alaire dont le poids des ailes par kilo d'animal est le plus élevé. Il est égal au cinquième du poids du corps chez les Rapaces voiliers et les Rapaces nocturnes, au sixième du poids du corps chez les Palmipèdes voiliers. Par contre, les

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des ailes par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
I. Rapaces diurnes voiliers.							
Gyps fulvus (Habl.)	7 269	220	145	75	2 205	1 453	752
Gypaëtus barbatus grandis Storr	5 385	237,6	152,2	85,4	1 718	1 100	618
Catharista atrata (Bartr.)	1 702	192	141	51	1 087	793	294
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	219	155	64	1 506	1 065	441
Hieraëtus fasciatus (Vieill)	2 060	198	146,6	51,4	1 281	948	333
Helotarsus ecaudatus (Daud.)	2 095	194	141	53	1 131	821	310
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	189,2	138,7	50,5	1 131	841	290
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	241,6	176,2	65,4	968	706	262
Buteo buteo (L.)	1 027	176,2	126,7	49,5	712	408	304
Pernis apivorus (L.)	615	177,1	128,1	49	574	415	159
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	280,5	180,9	99,6	1 101	710	391
Circus æruginosus (L.)	680	207,3	143,5	63,8	622	431	191
— *cyaneus* (L.) ♀	471,50	214,2	139,9	74,3	507	375	132
— *cyaneus* (L.) ♂	331	212	139	73	498	326	172
— *pygargus* (L.)	236,50	260	177,5	82,5	474	323	151
— *macrurus* (Gmel.)	386	194,5	129,5	65	531	353	178
Milvus milvus (L.)	927	235,1	156,4	78,7	751	468	283
II. Palmipèdes voiliers.							
Diomedea exulans L.	8 502	162	129	33	2 201	1 751	450
Fregata aquila (L.)	1 620	201	136	65	1 102	779	323
Sula bassana (L.)	2 690	144,9	110	34,9	1 578	1 198	380
Puffinus kuhli Boie	572	171,3	113,6	57,7	762	583	179
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	150	108	42	260	187	73
Larus marinus L.	1 915	205,7	143	62,7	1 440	1 001	439
III. Échassiers ramo-planeurs.							
Ardea cinerea (L.)	1 408	234	165,9	68,1	779	538	241
Egretta alba (L.)	1 178	191,2	126,2	65	797	530	267
Botaurus stellaris (L.)	1 198	142,7	95,4	47,3	633	423	210
Nycticorax nycticorax (L.)	512	152,3	101,5	50,8	493	329	164
Platalea leucorodia L.	1 565	180,1	132,9	47,2	1 127	831	296
Ciconia ciconia (L.)	3 438	195	128,8	66,2	1 327	870	457
Megalornis grus (L.)	4 175	194	126,9	67,1	1 451	949	502
Leptoptilus crumeniferus Less.	7 030	215,6	156,7	58,9	1 833	1 332	501
Vanellus vanellus (L.)	211	175,3	127,9	47,4	553	403	150
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.							
Bubo bubo (L.)	1 720	212,7	156,9	55,8	983	725	258
Asio otus (L.)	247	202	142	60	462	325	137
Asio flammeus Pont	390	192,3	140	52,3	537	363	174
Otus scops (L.)	49,75	227,1	184,3	42,8	279	227	52
Tyto alba (L.)	279	195,3	140,5	54,8	492	336	156

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des ailes par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
Strix aluco L.	418	182	115,5	66,5	582	370	212
Athene noctua (Scop.)	161 50	156,7	115,7	41	550	406	144
V. Rapaces diurnes ramo-planeurs.							
Accipiter gentilis (L.)	708	159,1	117,7	41,4	853	631	222
— *nisus* (L.) ♀	221	212,2	157	55,2	572	421	151
— *nisus* (L.) ♂	136	207,3	150	57,3	530	383	147
Polyborus tharus (Mol.)	1 209	185,2	130,2	55	962	676	286
Falco tinnunculus L. ♀	245	165,3	113,4	51,9	571	392	179
— *tinnunculus* L. ♂	172	177,3	119,1	58,2	432	290	142
— *peregrinus* Tunst	813	188,1	134,9	53,2	1 187	849	338
— *subbuteo* L.	165	194,5	133,9	60,6	575	396	179
— *columbarius regulus* Pall.	145	164,4	119,4	45	543	395	148
VI. Corvidés ramo-planeurs.							
Corvus corone L.	470	158,9	112,2	46,7	704	497	207
— *cornix* L.	633	151,6	109	42,6	726	522	204
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	170,2	123,4	46,8	575	416	159
Colœus monedula spermologus (Vieill.)	253	146,2	105,5	40,7	555	400	155
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	150	112	38	616	458	158
Graculus graculus (L.)	223	163,6	105,3	58,3	365	235	130
Nucifraga caryocatactes (L.)	161	135,4	98,7	36,7	422	306	116
Coracias garrulus L.	128	147,3	102,3	45	389	270	119
Pica pica (L.)	214	146,8	109,8	37	491	367	124
Garrulus glandarius (L.)	160	130,6	91,8	38,8	376	264	112
Upupa epops L.	91	135,1	98,9	36,2	335	245	90
Xanthoura yncas (Bodd.)	71,30	130	90	40	291	202	89
VII. Passereaux ramo-planeurs.							
Cuculus canorus L.	104	195,3	143,7	51,6	560	414	146
Caprimulgus europæus L.	92	175,2	126,2	49	357	260	97
Apus apus (L.)	36,20	137,8	89,2	48,6	310	196	114
Chelidon rustica (L.)	18,35	147,6	112,2	35,4	200	152	48
Hirundo urbica (L.)	14,35	125,4	97,4	28	195	152	43
Riparia rupestris (Scop.)	15,50	145	110	35	182	139	43
VIII. Palmipèdes ramo-planeurs.							
Phalacrocorax carbo (L.)	2 115	125,1	93,2	31,9	1 332	1 000	332
Puffinus puffinus (Brünn)	342	133	87,7	45,3	789	520	269
Larus argentatus Pontopp	1 189	190,4	119,4	71	999	671	328
— *canus* L.	367	193,4	125,3	68,1	616	399	217
Rissa tridactyla (L.)	488	146,9	97,5	49,4	762	505	257
Larus ridibundus L.	261	162,9	112	50,9	503	362	141
Sterna hirundo L.	118	186,4	118,6	67,8	390	248	142

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des ailes par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
IX. Passereaux rameurs a vol soutenu.							
Muscicapa striata (Pallas.)	14,35	125,4	90,5	34,9	149	108	41
Ficedula hypoleuca (Pall)	12,50	110,4	80	30,4	151	109	42
Alauda arvensis L.	28,30	128,9	91,8	37,1	271	203	68
Anthus pratensis (L.)	18	117,4	91,6	25,8	214	166	48
— *trivialis* (L.)	20,70	122,6	93,6	29	203	152	51
Motacilla alba L.	22	138,8	103,3	35,3	231	172	59
— *flava* L.	16,50	121,2	93,7	27,5	198	153	45
— *cinerea* Tunstall	16	121,2	96,9	24,3	210	168	42
Lanius excubitor L.	50,50	114,8	83,1	31,7	276	200	76
— *senator* L.	26,10	116,8	78,1	38,7	211	141	70
— *collurio* L.	30,95	91,1	67,8	23,3	229	170	59
Luscinia megarhyncha Brehm	17,10	99,4	73,6	25,8	169	123	46
Erythacus rubecula (L.)	17,75	92,9	73,2	19,7	187	147	40
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	111,5	86,1	25,4	159	122	37
— *ochrurus gibraltariensis* (Gmel.)	16,95	123,8	96,7	27,1	171	133	38
Pratincola rubetra (L.)	13,05	118,7	82,7	36	156	109	47
— *rubicola* (L.)	11,45	104,8	73,3	31,5	156	109	47
Phylloscopus bonellii Vieill	7,65	104,5	70,5	34	126	85	41
Phylloscopus rufus Bechst	5,25	114,2	78,5	35,7	124	87	37
Oriolus oriolus (L.)	72	137,6	108,8	28,8	361	286	75
Monticola solitarius (L.)	62,80	105	74,8	30,2	279	199	80
— *saxatilis* (L.)	47,50	92,2	70	22,2	273	208	65
Turdus merula L.	91,50	98,3	69,9	28,4	346	246	100
— *naumanni* Temm	76,20	93,8	74,8	19	317	253	64
— *viscivorus* L.	106,	106,1	77,3	28,8	365	266	99
— *pilaris* L.	98	101	81,6	19,4	438	353	85
— *musicus* L.	70,30	94,5	76,8	17,7	348	282	66
— *iliacus* L.	56	101,7	80,3	21,4	316	250	66
— *torquatus* L.	96,50	91,7	66,3	25,4	398	288	110
Sturnus vulgaris L.	79,50	100,1	75,9	24,2	415	314	101
Loxia curvirostra L.	47,60	122,2	100,	22,2	348	285	63
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	110,7	83,3	27,4	314	236	78
Pyrrhula pyrrhula europæa Vieill	21,40	109,8	84,1	25,7	247	189	58
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	140,1	100,5	39,6	159	114	45
Chloris chloris (L.)	23,70	116	88,6	27,4	261	208	53
Fringilla cælebs L.	21,15	130	99	31	268	204	64
— *montifringilla* L.	25,10	115,5	87,6	27,9	235	178	57
Passer domestica (L.)	30	96,6	64,6	32	286	191	95
— *montana* (L.)	15,20	103,9	72,3	31,6	207	144	63
Petronia petronia (L.)	25	92	62	30	230	155	75
Carduelis carduelis (L.)	16,65	126,1	90	36,1	228	162	66
Spinus spinus (L.)	11,80	105	67,7	37,3	182	117	65
Acanthis cannabina (L.)	15,80	117	86	31	192	141	51
Spinus citrinella (L.)	11,95	121,3	95,4	25,9	196	162	34

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des ailes par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
Emberiza citrinella L.	25	134,4	100	34,4	257	192	65
— *cirlus* L.	23,10	112,5	73,5	39,	249	163	86
— *hortulana* L.	33	74,2	45,4	28,8	200	120	80
— *cia* L.	21,40	83,1	55,1	28	155	100	55
— *schœniclus* L.	20	82,5	55,5	27	144	97	47
Regulus regulus (L.)	3,80	105,2	77,9	27,3	120	89	31
X. Passereaux rameurs a vol peu soutenu.							
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)	14,30	114,6	89,7	24,9	207	167	40
Sylvia atricapilla (L.)	16,25	107,6	73,8	33,8	196	134	62
— *simplex* Lath.	15,80	96.2	72,1	24,1	202	152	50
— *communis* Lath.	18,65	90.4	64,3	26.1	194	137	57
Prunella modularis (L.)	18	86,1	64,1	22,	193	143	50
Hypolais icterina (Vieill.)	10,65	82,6	52.5	30,1	110	70	40
Acrocephalus cirpaceus Herm.	12,80	78,1	50	28,1	148	95	53
— *schœnobænus* (L.)	10,40	94.2	68.2	26	184	133	51
Parus major L.	21,45	74,5	54	20,5	156	113	43
— *cæruleus* L.	11	89	65.5	23,5	148	109	39
— *cristatus mitratus* Brehm.	10,20	123,5	92.1	31,4	178	128	50
— *palustris longirostris* Kleinsch.	10,90	104.5	78.3	26,2	177	133	44
— — *communis* Kleinsch.	11,75	102.1	76.5	25,6	166	125	41
Ægithalus caudatus (L.)	8	91.2	62.5	28,7	125	86	39
Gecinus viridis (L.)	156	131,4	110.2	21.2	515	432	83
Dryobates major pinetorum (Brehm.)	73	133,5	108.5	25	409	333	76
— *minor hortorum* (Brehm)	15,50	122.5	92,5	30	168	141	27
Jynx torquilla L.	37,30	95,9	73.9	22	308	237	71
Certhia brachydactyla Brehm	8,50	108,2	84,7	23.5	139	109	30
Sitta europæa cæsia Wolf.	21,10	120,8	92.8	28	191	147	44
Tichodroma muraria (L.)	15	150,	97.3	52,7	128	83	45
Troglodytes troglodytes (L.)	10,10	74,2	53.4	20,8	180	130	50
XI. Passereaux vibrateurs.							
Eupherusa eximia (Del.)	2,85	62	41	21	114	76	38
XII. Échassiers rameurs terrestres.							
Otis tarda (L.)	8 950	145	109	36	2 237	1 681	556
— *tetrax* L.	830	144,5	108,4	36,1	1 153	865	288
Burhinus œdicnemus (L.)	522	136	104,2	31,8	934	715	219
Charadrius apricarius L.	178	113,9	77,8	36.1	568	410	158
— *morinellus* L.	90	110	74,4	35,6	400	271	129
Crex crex (L.)	155	103,8	74,1	29,7	506	361	145
colopax rusticola L.	322	116,4	85,7	30,7	627	461	166

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des de par mètre carré surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
XIII. Échassiers rameurs riverains.							
Numenius arquatus (L.)	768	140,6	96,3	44,3	983	804	179
Hæmatopus ostralegus L.	438	146,1	109,5	36,6	1 028	771	257
Charadrius hiaticula L.	62,20	94,8	69,1	25,7	313	228	85
Squatarola squatarola (L.)	216	110,1	76,1	34	577	488	89
Gallinago gallinago (L.)	95,50	97,3	62,8	34,5	381	245	136
Limnocryptes gallinula (L.)	57	112,2	84,2	28	359	269	90
Canutus canutus (L.)	88	127,2	96,5	30,7	414	314	100
Erolia alpina (L.)	44	82,9	54,5	28,4	289	181	108
Arenaria interpres (L.)	107,80	90,9	50	40,9	457	252	205
Calidris leucophæa (Pall.)	41,90	100,2	66,8	33,4	262	175	87
Machetes pugnax (L.)	180	125	82,2	42,8	491	323	168
Tringa nebularius (Günn.)	156	118,9	88,4	30,5	455	339	116
— *erythropus* (Pall.)	133	116,5	84,9	31,6	474	342	132
— *totanus* (L.)	133	106,7	75,9	30,8	387	275	112
— *ochrophus* L.	72,70	114,8	81,1	33,7	336	237	99
— *hypoleucus* (L.)	48,50	87,6	62,6	25	286	205	81
Limosa lapponica (L.)	197	140,1	103,1	37	528	389	139
— *limosa* (L.)	228	132,8	96,9	35,9	573	420	153
Recurvirostra avocetta L.	295	141	100,3	40,7	606	431	175
XIV. Colombins rameurs.							
Columba palumbus L.	495	141,4	107	34,4	877	662	215
— *œnas* L.	306	144,7	111,7	33	828	635	193
Turtur turtur (L.)	178	137,6	103,9	33,7	651	492	159
XV. Gallinacés rameurs.							
Tetrao urogallus L. ♂	3 361	101	78	23	2 365	1 828	537
— *urogallus* L. ♀	1 890	108,9	83,4	25,5	1 900	1 455	445
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	102,4	79,6	22,8	1 085	844	241
— *tetrix* (L.) ♀	940	103,1	75,5	27,6	1 143	837	306
Tetrao medius Mey.	1 193	108,9	81,5	27,4	1 321	988	333
Lagopus mutus (Martin.)	462,50	90,8	62	28,8	860	588	272
— *lagopus* (L.)	620	92,4	70,3	22,1	906	690	216
— *scoticus* Lath.	624	89,7	67,3	22,4	939	704	235
Tetrastes bonasia (L.)	278	77,5	56,6	20,9	555	406	149
Caccabis rufa (L.)	490	87,1	66,1	21	816	619	197
— *saxatilis* Mey et Wolf	606,50	79,4	62,6	16,8	1 012	798	214
Perdix perdix (L.)	387	78,5	60,7	17,8	698	540	158
Coturnix coturnix (L.)	83,20	91,3	66	25,3	441	319	122
Colinus pectoralis Gould	131,50	75,2	57	18,2	504	382	122
Rhynchotus rufescens (Temm.)	821,70	75	59	16	955	755	200
XVI. Palmipèdes nageurs rameurs.							
Cygnus cygnus (L.)	5 925	165	124	41	2 654	1 944	710
Anser fabalis (Lath.)	3 110	136,6	102,8	33,8	1 584	1 193	391

	Poids du corps.	Poids des ailes par kilo d'animal.	Poids des bras déplumés par kilo d'animal.	Poids des plumes alaires par kilo d'animal.	Poids des ailes par mètre carré de surface alaire.	Poids des bras déplumés par mètre carré de surface alaire.	Poids des plumes des ailes par mètre carré de surface alaire.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
Anser anser (L.)	3 065	160,1	120,7	39,4	1 830	1 371	459
— *albifrons* (Scop.)	1 715	171,4	128,2	43,2	1 600	1 197	403
Branta bernicla (L.)	1 273	129,6	98,9	30,7	1 181	902	279
— *leucopsis* (Bechst)	1 150	130,4	95,6	34,8	1 297	951	346
Anas platyrhynchus L.	1 105	105,5	85,9	19,6	1 245	1 014	231
Spatula clypeata (L.)	633	104,2	85,3	18,9	1 060	870	190
Dafila acuta (L.)	955	102,6	77,4	25,2	1 163	878	285
Mareca penelope (L.)	830	100,7	71,6	29,1	1 257	895	362
Querquedula crecca (L.)	293	105,8	81,8	24	885	691	194
— *querquedula* (L.)	327	110,7	84,4	26,3	900	686	214
Clangula clangula (L.)	622	91,6	73,9	17,7	1 100	888	212
Nyroca nyroca (Güld)	512	97,6	78,1	19,5	976	781	195
— *fuligula* (L.)	741	75,5	47,2	28,3	1 176	735	441
— *ferina* (L.)	842	95	67,3	27,7	1 294	917	377
— *marila* (L.)	675	146,1	100,1	46	1 529	1 081	448
Oidemia nigra (L.)	870	101,1	80,4	20,7	1 294	1 029	265
— *fusca* (L.)	1 578	101,3	78,5	22,8	1 584	1 227	357
XVII. PALMIPÈDES PLONGEURS RAMEURS.							
Mergus serrator L.	818	95	66	29	1 312	893	419
— *mersanger* L.	1 470	113,6	80,2	33,4	1 946	1 375	571
— *albellus* L.	495	82,8	56,5	26,3	949	648	301
Colymbus cristatus L.	790	91,1	70,8	20,3	1 267	985	282
— *griseigena* Bodd	480	90	70	20	795	619	176
— *ruficollis* Pall	180	60,8	47,7	13,1	463	363	100
Gavia septentrionalis (L.)	957	106,5	92,9	13,6	1 143	997	146
Gavia arctica (L.)	1 495	112,6	84,5	28,1	1 322	972	350
Alca torda L.	780	61,5	46,1	15,4	1 250	937	313
Uria troille (L.)	1 010	61,3	48,5	12,8	1 441	1 139	302
Fratercula arctica (L.)	272	87	65	22	681	509	172
Alle alle (L.)	91,20	85	63,5	21,5	462	346	116
XVIII. ÉCHASSIERS PLONGEURS RAMEURS.							
Fulica atra L.	578	70	53,6	16,4	739	555	184
Gallinula chloropus (L.)	265	79,2	53,5	25,7	567	383	184
Porzana porzana (L.)	69	93,4	72,4	21	282	219	63
Rallus aquaticus L.	128	74,2	52,3	21,9	364	255	109
XIX. PASSEREAUX PLONGEURS RAMEURS.							
Alcedo ispida L.	36,40	103	81	22	347	273	74
XX. OISEAUX COUREURS OU NE VOLANT PLUS.							
Rhea americana (L.)	10 555	»	»	»	»	»	»
Spheniscus demersus (L.)	2 944	»	»	»		»	»

rameurs qui ont une petite surface portante possèdent les ailes les plus légères comparativement au poids du corps. Ce poids équivaut à dix fois celui des ailes chez les Passereaux

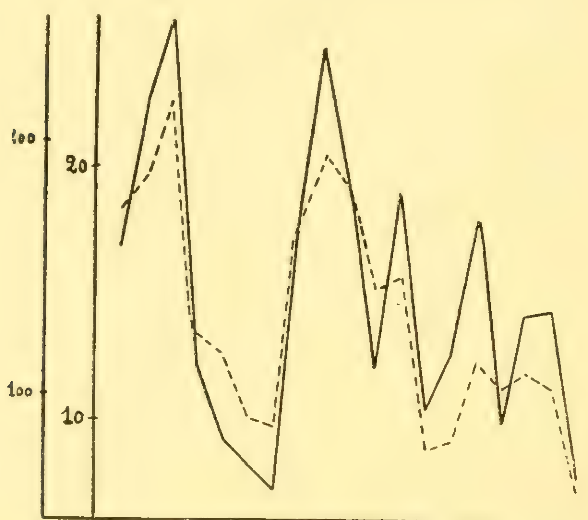


Fig. 14. — Courbes de la variation de la surface alaire relative et du poids relatif des ailes suivant le mode de vol.
——————— Surface alaire relative.
— — — — — — Poids relatif des ailes.

et les Gallinacés ; il est seize fois plus considérable en ce qui concerne les Passereaux vibrateurs.

Si l'on examine le poids des membres supérieurs déplumés et celui des plumes des ailes, on voit que le classement est encore sensiblement le même, sauf quelques décallages peu importants *a priori*.

Il m'a semblé intéressant de rechercher si les ailes sont plus ou moins massives ou légères, relativement à l'étendue de leur surface.

Cayley (*15*), qui paraît avoir été le premier et le seul à se préoccuper de cette question, cite le Héron comme type pour les ailes légères ; le Fou, au contraire, aurait les ailes deux fois et demie plus pesantes à surface égale. Cayley a été conduit à ces études, dit Marey (*69*), par le désir de trouver le

type le plus avantageux pour construire des ailes mécaniques destinées à une machine volante. D'après ses calculs, une aile de 54 pieds carrés, construite sur le type Héron, pèserait 7 livres ; la même surface d'aile, dans le type Fou de Bassan, pèserait 18 livres.

Il est assez difficile de se rendre compte directement de la plus ou moins grande légèreté des ailes suivant l'étendue de celles-ci, car il est assez rare de rencontrer des Oiseaux appartenant à des groupes différents et dont la surface alaire soit à peu près la même. J'ai pu rassembler, toutefois, quelques espèces qui se trouvent dans ce cas et dont je donne les surfaces et poids réels des ailes dans le tableau suivant :

	Surface alaire en cmq.	Poids des ailes en gr.
Première série.		
Tetrao urogallus L. : Coq de bruyères (Gallinacé rameur)	1 084	206
Gavia septentrionalis (L.) : Plongeon catmarin (Palmipède rameur)	1 116	184
Otis tetrax L. : Outarde canepetière (Échassier rameur)	1 040	120
Puffinus kuhli Boie : Puffin cendré (Palmipède voilier)	1 080	98
Larus canus L. : Goéland cendré (Palmipède ramo-planeur)	1 040	92
Corvus corone L. : Corneille noire (Corvidé ramo-planeur)	1 090	85
Circus pygargus (L.) : Buzard cendré (Rapace voilier)	1 130	60
Asio otus (L.) : Moyen-Duc (Rapace ramo-planeur).	1 082	50
Deuxième série.		
Coturnix coturnix (L.) : Caille (Gallinacé rameur)...	172	7,60
Limnocryptes gallinula (L.) : Petite Bécassine (Échassier rameur)	178	6,40
Loxia curvirostra L. : Bec croisé (Passereau rameur).	167	5,82
Apus apus (L.) : Martinet (Passereau ramo-planeur).	165	4,99

Bien que les surfaces alaires ne soient pas exactement les mêmes, il apparaît avec évidence que les poids des ailes sont très variables suivant les groupes pour des surfaces d'ailes voisines. Ainsi le Coq de bruyères, pour une étendue d'ailes identique, possède des ailes quatre fois plus pesantes que le

Moyen-Duc. De même la Caille a des ailes plus lourdes que le Martinet.

Mais, comme il est difficile de pouvoir juger par ce moyen de la plus ou moins grande légèreté des ailes chez tous les groupes d'Oiseaux caractérisés par un mode de vol différent, il y a donc lieu d'employer un autre procédé. A cet effet, j'ai calculé les rapports moyens qui existent entre le poids des ailes et la surface de celles-ci, et de même que pour l'étude de la charge supportée par les ailes, j'ai multiplié ces rapports par les coefficients $\sqrt[3]{K}$ qui sont contenus dans le tableau de la page 191 et qui sont applicables ici puisque les poids moyens du corps sont toujours les mêmes. J'ai opéré de même manière pour le poids des membres supérieurs déplumés et pour celui des plumes. Cette étude m'a fourni trois classements dont voici le premier concernant le poids des ailes :

	Poids des ailes en gr. $\sqrt[3]{K\frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire.
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	952
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	976
Corvidés ramo-planeurs	1 022
Échassiers ramo-planeurs	1 028
— plongeurs rameurs	1 044
Passereaux rameurs à vol soutenu	1 053
Échassiers rameurs terrestres	1 073
Rapaces diurnes voiliers	1 086
Passereaux vibrateurs	1 097
— ramo-planeurs	1 137

	Poids des ailes en gr. $\sqrt[3]{K\frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire
Échassiers rameurs riverains	1 176
Palmipèdes ramo-planeurs	1 185
— voiliers	1 223
Rapaces diurnes ramo-planeurs	1 250
Passereaux plongeurs rameurs	1 429
Gallinacés rameurs	1 477
Colombins rameurs	1 554
Palmipèdes plongeurs rameurs	1 638
Palmipèdes nageurs rameurs	1 643

Il y a donc des Oiseaux à ailes lourdes. Il y a des Oiseaux à ailes légères ; les Passereaux rameurs et les Échassiers sont dnas ce cas, ainsi que les Rapaces nocturnes, ce qui fait comprendre pourquoi ces derniers, bien que ramant fréquemment, semblent ne pas se livrer à des efforts exagérés ; de plus, ils peuvent voler silencieusement grâce à la légèreté de leur appareil de sustentation. Les Rapaces voiliers ont des ailes beaucoup moins lourdes que les Palmipèdes voiliers, alors que les Rapaces diurnes ramo-planeurs, qui rament violemment,

ont des ailes plus pesantes que les Rapaces voiliers. Il semble bien que tous les Oiseaux qui rament de façon continue et avec une certaine violence aient tous des ailes lourdes, nécessaires probablement pour que l'action du battement soit plus efficace. Chez ces Oiseaux vraiment rameurs le poids des ailes est en effet au moins une fois et demie plus considérable, par rapport à l'étendue de la surface alaire, que dans les autres groupes.

Examinons maintenant le classement que fournissent les rapports moyens des poids des membres supérieurs déplumés à la surface des ailes, multipliés par le coefficient $\sqrt{K}$:

	Poids des membres supérieurs déplumés. $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire. Gr.		Poids des membres supérieurs déplumés. $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire. Gr.
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	691	Passereaux ramo-planeurs	826
Échassiers ramo-planeurs	709	Échassiers rameurs riverains	855
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	720	Rapaces diurnes ramo-planeurs	890
Corvidés ramo-planeurs	730	Palmipèdes voiliers	916
Passereaux vibrateurs	731	Gallinacés rameurs	1 120
Passereaux rameurs à vol soutenu	741	Passereaux plongeurs rameurs	1 124
Rapaces diurnes voiliers	745	Colombins rameurs	1 180
Échassiers plongeurs rameurs	755	Palmipèdes plongeurs rameurs	1 230
Échassiers rameurs terrestres	795	Palmipèdes nageurs rameurs	1 235
Palmipèdes ramo-planeurs	814		

Ce classement est voisin de celui que nous a donné le poids de l'aile complète comparée à la surface alaire. Toutefois, il y a quelques décallages qui méritent d'être signalés. Si les Rapaces nocturnes ont encore un poids de membres supérieurs privés de plumes, faible, les Rapaces voiliers se rapprochent davantage de ces derniers et des Échassiers ramo-planeurs par la légèreté de leurs bras. Les différences que l'on constate en ce qui concerne les poids de membres déplumés par mètre carré de surface alaire; sont encore aussi grandes. Les vrais rameurs possèdent en effet des rapports au moins une fois et demie plus élevés que les autres.

Voyons maintenant ce qui donne le rapport du poids des plumes alaires à la surface des ailes.

	Poids des plumes alaires. $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire. Gr.		Poids des plumes alaires. $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ par mq. de surface alaire. Gr.
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	232	Palmipèdes voiliers	307
Passereaux rameurs à vol soutenu	259	Échassiers ramo-planeurs	318
Échassiers rameurs terrestres.	277	— rameurs riverains	320
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	283	Rapaces diurnes voiliers	339
Échassiers plongeurs rameurs	288	Gallinacés rameurs	357
Corvidés ramo-planeurs	289	Rapaces diurnes ramo-planeurs.	360
Passereaux plongeurs rameurs	305	Passereaux vibrateurs	366
Passereaux ramo-planeurs	306	Palmipèdes ramo-planeurs	369
		Colombins rameurs	375
		Palmipèdes nageurs rameurs	407
		— plongeurs rameurs	407

Les déclassements sont ici plus importants. Les Passereaux rameurs à vol soutenu viennent se placer avant les Rapaces nocturnes, en même temps que les Passereaux plongeurs sont descendus dans l'échelle. Cela signifie que les plumes de leurs ailes sont particulièrement légères. Par contre, les Rapaces diurnes voiliers, les Échassiers ramo-planeurs sont remontés dans la même échelle. Leurs plumes alaires sont donc plus lourdes proportionnellement que leurs bras. Seuls les Gallinacés, les Colombins et les Palmipèdes rameurs se montrent toujours en haut de la liste avec les organes alaires les plus lourds.

CHAPITRE IV

La longueur du corps. — Les dimensions de l'aile.

La longueur relative du corps chez les Oiseaux. La longueur relative du tronc. Le rapport de la distance qui sépare l'articulation de l'épaule de celle de la hanche à la racine cubique du poids. L'envergure relative. Ses variations suivant les modes de vol. La largeur de l'aile. L'acuité des ailes. Ses rapports avec les qualités du vol et le milieu.

Une des dimensions de l'Oiseau m'a semblé importante à étudier : c'est la longueur du corps, car elle correspond à la longueur du fuselage de l'avion. Elle ne paraît pas pourtant avoir intéressé du tout les biologistes. J'ai mesuré cette longueur en centimètres du bout du bec à l'extrémité de la queue, en plaçant l'Oiseau le cou allongé, dans la position du vol. J'ai divisé cette dimension qui, par elle-même, n'a aucune valeur, étant données les variations extrêmes de taille que l'on constate chez les Oiseaux, par la racine cubique du poids. P étant exprimé en grammes, afin d'avoir des rapports homogènes et comparables. J'ai trouvé que, proportionnellement, les longueurs du corps ne varient pas de façon considérable chez les Oiseaux, et que celles-ci étaient liées à l'importance du développement du cou et de la queue. Dans les groupes où ces organes sont tous deux réduits, le fuselage de l'animal est le plus court ; il est plus grand de 1 à 2 cinquièmes lorsque l'un ou l'autre de ces organes se révèle beaucoup plus allongé qu'à l'ordinaire. Tel est le cas, par exemple, pour les Échassiers ramo-planeurs, comme les Hérons, qui sont munis d'un grand cou; ou pour les Passereaux ramo-planeurs, comme les Martinets, qui possèdent une longue queue.

C'est ce que démontre très clairement le tableau suivant, dans lequel j'ai consigné les longueurs relatives du corps en même temps que les rapports de la longueur du tronc à la racine cubique du poids et ceux de la longueur G. C. qui sépare les articulations de l'épaule de celle de la hanche, à la racine cubique du poids.

	Poids du corps.	Longueur relative du corps.	Longueur relative du tronc.	Rapport de la distance G. C. à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.			
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	7,1	2	1,20
Passereaux ramo-planeurs	46,7	6,3	1,79	1,03
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	6,3	1,95	1,11
— voiliers	2 552,7	6,1	2,15	1,08
Corvidés ramo-planeurs	272	6,1	1,75	1
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	6,	1,89	1,08
Passereaux vibrateurs	2,85	6	1,81	1
— rameurs à vol peu soutenu	23,9	5,9	1,85	1,06
— rameurs à vol soutenu	33,1	5,8	1,84	1,07
Échassiers rameurs riverains	176,9	5,8	1,89	1,10
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	5,7	1.87	1,10
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	5,6	1,96	1,13
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	5,5	2,09	1,08
Échassiers plongeurs rameurs	260	5,4	2,20	1,20
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	5,3	2,50	1,12
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	5,2	1,75	1,13
Colombins rameurs	326,3	5,2	1.87	0,96
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	5,1	1,96	1
Gallinacés rameurs	861,2	4,9	1,85	1,06

Le tableau précédent, s'il révèle la variation de la longueur relative du corps comme je l'ai indiqué, nous montre par contre que le tronc est sensiblement égal proportionnellement dans tous les groupes, ainsi que la distance G. C. qui sépare les cavités cotyloïde et glénoïde, sauf chez les Oiseaux aquatiques, où la longueur du tronc a été accrue par l'action tourbillonnaire de l'eau. Cette dernière mesure a son intérêt, comme on pourra le voir plus loin, étant donnée sa fixité relative chez les Oiseaux.

Les dimensions propres de l'aile, longueur et largeur, n'ont que fort peu retenu l'attention générale ; seule l'envergure, qui est la distance séparant les deux extrémités des ailes, lorsque celles-ci sont étendues au maximum, a été étudiée par quelques auteurs.

Borelli (*12*) a montré que les ailes n'ont pas la même longueur chez les Oiseaux ; très faibles chez l'Autruche, elles sont plus développées chez les Gallinacés, plus encore chez les Pigeons ; elles prennent leur plus grande longueur chez les Aigles, les Cygnes, les Hirondelles, pouvant, toutes plumes

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
I. Rapaces diurnes voiliers.							
Gyps fulvus (Habl.)	7 269	5,9	13,2	2,22	2,12	0,35	6,2
Gypaëtus barbatus grandis Storr.	5 385	6,1	14,4	2,34	2,25	0,36	6,4
Catharista atrata (Bartr.)	1 702	5,1	11,8	2,29	2,38	0,45	4,9
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	6,1	13,7	2,28	2,45	0,40	5,6
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)	2 060	5,1	12,2	2,38	2,20	0,42	5,5
Helotarsus ecaudatus (Daud.)	2 095	4,5	12	2,65	2,20	0,48	5,4
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	5,1	11,3	2,22	2,35	0,46	4,8
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	5,9	15,3	2,58	2,46	0,41	6,2
Buteo buteo (L.)	1 027	5,5	13,1	2,35	2,59	0,46	5
Pernis apivorus (L.)	615	6,3	14,1	2,22	2,64	0,41	5,7
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	6	15,2	2,54	2,27	0,37	6,8
Circus æruginosus (L.)	680	6,1	15,3	2,47	2,67	0,43	5,7
— *cyaneus* (L.) ♀	471,50	6,8	15	2,18	2,80	0,40	5,3
— *cyaneus* (L.) ♂	331	6,8	15,1	2,27	2,76	0,41	5,4
— *pygargus* (L.)	236,50	7,1	17,8	2,48	2,71	0,38	6,1
— *macrurus* (Gmel.)	386	6,5	15,2	2,31	2,48	0,37	6,4
Milvus milvus (L.)	927	6,9	16,7	2,39	2,61	0,37	6,3
II. Palmipèdes voiliers.							
Diomedea exulans L.	8 502	6	16,7	2,79	1,12	0,18	14,8
Fregata aquila (L.)	1 620	7,4	17,2	2,28	1,95	0,26	8,6
Sula bassana (L.)	2 690	6,6	13,2	2	1,15	0,17	11,5
Puffinus kuhli Boie	572	5,9	14,6	2,46	1,56	0,26	9,3
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	5,3	12,8	2,39	1,92	0,36	6,5
Larus marinus L.	1 915	5,8	13,9	2,36	1,84	0,31	7,5
III. Échassiers ramo-planeurs.							
Ardea cinerea (L.)	1 408	8,5	15,4	1,80	2,44	0,28	6,4
Egretta alba (L.)	1 178	8,3	13,7	1,63	2,32	0,27	5,9
Botaurus stellaris (L.)	1 198	7,1	12,5	1,76	2,23	0,31	5,6
Nycticorax nycticorax (L.)	512	7,1	13,1	1,82	2,33	0,32	5,6
Platalea leucorodia L.	1 565	6,7	11,8	1,76	1,93	0,28	6,1
Ciconia ciconia (L.)	3 438	6,8	13,1	1,90	2,05	0,28	6,3
Megalornis grus (L.)	4 175	6,9	13,1	1,88	2	0,28	6,5
Leptoptilus crumeniferus Less	7 030	7,3	14,7	2	2,38	0,32	6,1
Vanellus vanellus (L.)	211	5,5	12,6	2,26	2,06	0,37	6
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.							
Bubo bubo (L.)	1 720	5,3	13,7	2,57	2,54	0,47	5,4
Asio otus (L.)	247	5,6	15	2,66	2,47	0,44	6,1
— *flammeus* Pont	390	5,3	14,7	2,77	2,30	0,43	6,6
Otus scops (L.)	49,75	5,4	14,2	2,60	2,75	0,50	5,1
Tyto alba (L.)	279	5,2	14,9	2,85	2,55	0,48	5,8
Strix aluco L.	418	5,4	12,7	2,31	2,67	0,48	4,7
Athene noctua (Scop.)	161,50	4,5	10,8	2,41	2,18	0,48	4,9

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
V. Rapaces diurnes ramo-planeurs.							
Accipiter gentilis (L.)	708	5,8	11,3	1,95	2,28	0,39	4,9
Accipiter nisus (L.) ♀	221	6,3	12,4	1,95	2,45	0,38	5
— *nisus* (L.) ♂	136	6,1	12,1	1,95	2,49	0,40	4,8
Polyborus tharus (Mol.)	1 209	5,2	12,7	2,47	2,30	0,44	5,4
Falco tinnunculus L. ♀	245	5,7	11,8	2,06	2,12	0,36	5,5
— *tinnunculus* L. ♂	172	6,2	13,5	2,18	2,24	0,36	6
— *peregrinus* Tunst.	813	4,9	11,4	2,30	1,72	0,34	6,7
— *subbuteo* L.	165	5	13,8	2,43	1,87	0,33	7,3
— *columbarius regulus* Pall.	145	5,5	11,5	2,07	1,94	0,34	5.9
VI. Corvidés ramo-planeurs.							
Corvus corone L.	470	5,9	11.5	1.91	2,38	0,38	4,8
— *cornix* L.	633	5,7	11,4	1,98	2,27	0,39	5
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	6,3	12,5	1,98	2,38	0,37	5,3
Colœus monedula spermologus (Vieill.)	253	5,6	11,2	2,	2,21	0,39	5
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	5,6	9,2	1,64	2,34	0,41	3,9
Graculus graculus (L.)	223	6,8	12,9	1,89	2,78	0,40	4,6
Nucifraga caryocatactes (L.)	161	6,3	11	1,71	2,57	0,40	4,2
Coracias garrulus L.	128	5,9	12,2	2,05	2,42	0,40	5
Pica pica (L.)	214	7,8	9,9	1,26	2,39	0,30	4,1
Garrulus glandarius (L.)	160	6,8	10	1,60	2,78	0,40	3,9
Upupa epops L.	91	5,7	10,6	1,84	2,60	0,44	4,1
Xanthoura yncas (Bodd.)	71,30	5,9	9	1,52	2,57	0,43	3,4
VII. Passereaux ramo-planeurs.							
Cuculus canorus L.	104	7,1	12,4	1,74	2,02	0,29	5,8
Caprimulgus europæus L.	92	6	12,6	2,09	2,04	0,33	6,1
Apus apus (L.)	36,20	5,7	12,7	2,22	1,66	0,29	7,6
Chelidon rustica (L.)	18,35	7,7	12,5	1,62	2,09	0,27	6
Hirundo urbica (L.)	14,35	6	12	1,99	1,97	0,32	6,1
Riparia rupestris (Scop.)	15,50	5,8	12,6	2,13	2,03	0,34	6,2
VIII. Palmipèdes ramo-planeurs.							
Phalacrocorax carbo (L.)	2 115	7,8	13,3	1,69	2,04	0,25	6,4
Puffinus puffinus (Brünn)	342	5,1	11,6	2,25	1,28	0,25	9
Larus argentatus Pontopp.	1 189	5,6	13,5	2,39	1,80	0,31	7,5
— *canus* L.	367	5,9	15,1	2,54	1,81	0,35	8,1
Rissa tridactyla (L.)	488	5,5	13,4	2,42	1,61	0,29	8,3
Larus ridibundus L.	261	6,3	15,2	2,40	2,06	0,32	7,3
Sterna hirundo L.	118	7,9	16,9	2,12	1,82	0,23	9,2
IX. Passereaux rameurs a vol soutenu.							
Muscicapa striata (Pallas.)	14,35	6,2	11	1,77	2,46	0,39	4,4
Ficedula hypoleuca (Pallas.)	12,50	6	10,5	1,75	2,28	0,37	4,6

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
Alauda arvensis L..	28,30	5,6	10,4	1,84	2,26	0,39	4,6
Anthus pratensis (L.)	18	6	9,9	1,64	2,25	0,37	4,4
— *trivialis* (L.)	20,70	6,3	10,4	1,65	2,27	0,36	4,5
Motacilla alba L.	22	6,8	10,1	1,48	2,03	0,29	4,9
— *flava* L.	16,50	6,7	9,8	1,47	2,08	0,31	4,7
— *cinerea* Tunstall	16	7,7	10,	1,28	2,09	0,27	4,7
Lanius excubitor L.	50,50	6,8	9,6	1,40	2,24	0,32	4,3
— *senator* L.	26,10	6,5	10,6	1,63	2,21	0,34	4,8
— *collurio* L.	30,95	5,7	9,1	1,59	2,01	0,35	4,5
Luscinia megarhyncha Brehm	17,10	6,3	9,9	1,56	2,25	0,35	4,3
Erythacus rubecula (L.)	17,75	5,6	8,7	1,56	2,11	0,37	4,1
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	6,4	10,9	1,71	2,46	0,38	4,4
— *ochrurus gilbraltariensis* (Gm.)	16,95	6,2	10,5	1,67	2,53	0,40	4,1
Pratincola rubetra (L.)	13,05	5,6	10	1,76	2,22	0,39	4,5
— *rubicola* (L.)	11,45	5,8	9,6	1,63	2,26	0,38	4,2
Phylloscopus bonellii Vieill.	7,65	6,3	9,7	1,52	2,23	0,34	4,3
— *rufus* Bechst.	5,25	6,5	10	1,52	2,25	0,32	4,2
Oriolus oriolus (L.)	72	6,1	11,3	1,85	2,13	0,33	5,3
Monticola solitarius (L.)	62,80	6	9,7	1,59	2,09	0,34	4,6
— *saxatilis* (L.)	47,50	5,5	9,8	1,77	2,01	0,36	4,8
Turdus merula L.	91,50	6	9	1,49	2,08	0,34	4,3
— *naumanni* Temm.	76,20	6,2	8,9	1,47	2,03	0,33	4,3
— *viscivorus* L.	106	5,9	9,3	1,57	2	0,33	4,6
— *pilaris* L.	98	5,9	9,3	1,58	1,95	0,33	4,7
— *musicus* L.	70,30	5,3	8,9	1,66	1,77	0,33	4,9
— *iliacus* L.	56	6,1	9,7	1,57	2,01	0,32	4,8
— *torquatus* L.	96,50	6,1	9,3	1,87	1,87	0,30	5
Sturnus vulgaris L.	79,50	5,2	9,1	1,72	1,74	0,33	5,2
Loxia curvirostra L.	47,60	4,9	8,8	1,79	1,96	0,39	4,5
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	5,1	9,2	1,77	1,87	0,36	4,9
Pyrrhula pyrrhula europæa Vieillot	21,40	5,8	9,2	1,58	2,27	0,39	4,1
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	5,7	10,9	1,91	2,47	0,43	4,4
Chloris chloris (L.)	23,70	5,2	9,4	1,80	1,95	0,37	4,8
Fringilla cælebs L.	21,15	6,1	10,3	1,68	2,35	0,38	4,4
— *montifringilla* L.	25,10	5,5	9,6	1,73	2,06	0,36	4,6
Passer domestica (L.)	30	5,2	8,1	1,55	1,87	0,35	4,3
— *montana* (L.)	15,20	5,5	8,8	1,58	2,02	0,36	4,3
Petronia petronia (L.)	25	5,2	9,7	1,85	1,89	0,35	5,2
Carduelis carduelis (L.)	16,65	5,6	9,7	1,73	2,11	0,37	4,5
Spinus spinus (L.)	11,80	5,2	9,4	1,79	1,98	0,37	4,7
Acanthis cannabina (L.)	15,80	5,8	9,9	1,74	2,08	0,36	4,7
Spinus citrinella (L.)	11,95	5,6	10,7	1,89	2,23	0,39	4,8
Emberiza citrinella L.	25	6,1	9,6	1,56	2,19	0,35	4,4
— *cirlus* L.	23,10	5,7	8,7	1,51	2,19	0,38	3,9
— *hortulana* L.	33	5,3	8,5	1,59	1,87	0,34	4,5
— *cia* L.	21,40	5,9	9,3	1,57	2,31	0,39	4
— *schœniclus* L.	20	5,8	9,4	1,56	2,35	0,40	4
Regulus regulus (L.)	3,80	5,8	9,2	1,59	2,43	0,41	3,8

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
X. Passereaux rameurs a vol peu soutenu.							
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)	14,30	5,8	8,8	1,50	2,06	0,35	3,8
Sylvia atricapilla (L.)	16,25	6,4	9,4	1,46	2,09	0,32	4,4
Sylvia simplex Lath.	15,80	5,6	9,4	1,66	2,08	0,36	4,5
— *communis* Lath.	18,65	5,7	8,5	1,48	1,88	0,32	4,5
Prunella modularis (L.)	18	5,7	8,4	1,47	2,06	0,36	4
Hypolais icterina (Vieill.)	10,65	6,9	9,3	1,51	2,18	0,35	4,2
Acrocephalus cirpaceus Herm.	12,80	6,4	8,7	1,35	1,97	0,30	4,6
— *schœnobænus* (L.)	10,40	6,2	8,8	1,41	1,78	0,28	4,9
Parus major L.	21,45	5,4	8,4	1,56	2,05	0,38	4,1
— *cæruleus* L.	11	5,7	9,6	1,69	2,34	0,40	4,1
— *cristatus mitratus* Brehm	10,20	5,6	9,3	1,65	2,43	0,40	4
— *palustris longirostris* Kleinsch	10,90	5,4	9	1,66	2,35	0,43	3,8
— *palustris communis* Kleinsch	11,75	5,8	9,2	1,57	2,46	0,42	3,7
Ægithalus caudatus (L.)	8	7,4	9,3	1,25	2,40	0,32	3,8
Gecinus viridis (L.)	156	6	9,6	1,60	2,19	0,36	4,4
Dryobates major pinetorum (Brehm)	73	5,7	10,1	1,76	2,01	0,35	5
— *minor hortorum* (Brehm)	15,50	5,6	10,8	1,97	2,47	0,43	4,3
Jynx torquilla L.	37,30	5,7	8,8	1,53	1,82	0,31	4,8
Certhia brachydactyla Brehm	8,50	6,3	9,8	1,53	2,50	0,39	3,9
Sitta europæa cœsia Wolf	21,10	5,3	9,9	1,85	2,31	0,43	4,2
Tichodroma muraria (L.)	15	6,9	12,2	1,75	3,21	0,45	3,8
Troglodytes troglodytes (L.)	10,10	4,7	7,8	1,64	1,89	0,39	4,1
XI. Passereaux vibrateurs.							
Eupherusa eximia (Del.)	2,85	6	9,2	1,53	1,32	0,22	6,9
XII. Échassiers rameurs terrestres.							
Otis tarda (L.)	8 950	5	10	1,95	1,54	0,30	6,4
— *tetrax* L.	830	4,9	9,2	1,88	1,56	0,31	5,9
Burhinus œdicnemus (L.)	522	5,4	10,4	1,90	1,37	0,26	7
Charadrius apricarius L.	178	4,9	10,4	2,10	1,33	0,26	7,8
— *morinellus* L.	90	5,2	10,4	1,98	1,38	0,26	7,5
Crex crex (L.)	155	5,4	8,9	1,64	1,67	0,30	5,3
Scolopax rusticola L.	322	5,4	9,7	1,79	1,82	0,33	5,3
XIII. Échassiers rameurs riverains.							
Numenius arquatus (L.)	768	6	11,4	1,88	1,47	0,24	7,7
Hæmatopus ostralegus L.	438	5,4	10,6	1,94	1,38	0,25	7,7
Charadrius hiaticula L.	62,20	5,1	10,3	2,02	1,43	0,28	7,2
Squatarola squatarola (L.)	216	5	10,9	2,15	1,31	0,25	8,3
Gallinago gallinago (L.)	95,50	6,3	9,8	1,84	1,53	0,28	6
Limnocryptes gallinula (L.)	57	5,4	10,2	1,80	1,41	0,25	6,4
Canutus canutus (L.)	88	5,8	11,3	1,91	1,57	0,27	7,2
Erolia alpina (L.)	44	5,5	10,2	1,80	1,41	0,25	7,2
Arenaria interpres (L.)	107,80	5	10	1,96	1,36	0,26	7,3

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
Calidris leucophæa (Pall.)	41,90	5,5	10,2	1,79	1,41	0,26	7,2
Machetes pugnax (L.)	180	5,8	11,2	1,93	1,68	0,28	6,6
Tringa nebularius (Günn.)	156	6,5	11,3	1,76	1,56	0,24	7,2
— *erythropus* (Pall.)	133	6,2	10,6	1,69	1,52	0,24	6,9
— *totanus* (L.)	133	5,6	10,1	1,78	1,60	0,28	6,3
— *ochrophus* L.	72,70	6,1	11,3	1,85	1,79	0,29	6,3
— *hypoleucus* (L.)	48,50	5,5	9,8	1,76	1,48	0,25	6,6
Limosa lapponica (L.)	197	6,8	12,6	1,84	1,58	0,23	8
— *limosa* (L.)	228	6,8	11,3	1,67	1,65	0,24	6,8
Recurvirostra avocetta L.	295	6,8	11,6	1,68	1,66	0,24	6,9
XIV. Colombins rameurs.							
Columba palumbus L.	495	5,3	9,5	1,77	1,81	0,34	5,2
— *œnas* L.	306	5,1	9,7	1,90	1,70	0,33	5,7
Turtur turtur (L.)	178	5,3	9,4	1,74	1,74	0,32	5,3
XV. Gallinacés rameurs.							
Tetrao urogallus L. ♂	3 361	5,7	8,8	1,54	1,50	0,26	5,8
— *urogallus* L. ♀	1 890	5,2	7,4	1,33	1,58	0,30	5,1
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	5,6	8,3	1,47	1,53	0,27	5,4
— *tetrix* (L.) ♀	940	4,8	7,8	1,60	1,45	0,29	5,3
Tetrao medius Mey	1 193	5,6	8,2	1,45	1,56	0,25	5,2
Lagopus mutus (Martin.)	462,50	4,5	7,8	1,71	1,55	0,34	5,4
— *lagopus* (L.)	620	5,1	8	1,56	1,48	0,28	5,4
— *scoticus* Lath	624	4,9	8,3	1,67	1,40	0,28	5,9
Tetrastes bonasia (L.)	278	5,8	8,1	1,40	1,68	0,28	4,8
Caccabis rufa (L.)	490	4,7	6,9	1,47	1,56	0,32	4,4
— *saxatilis* Mey. et Wolf	606,50	4,4	6,5	1,46	1,54	0,35	4,2
Perdix perdix (L.)	387	4,5	7,2	1,61	1,56	0,34	4,6
Coturnix coturnix (L.)	83,20	4,7	8,2	1,73	1,32	0,27	6,2
Colinus pectoralis Gould	131,50	4,2	6,5	1,54	1,49	0,35	4,4
Rhynchotus rufescens (Temm.)	821,70	4,6	7,2	1,54	1,40	0,29	5,1
XVI. Palmipèdes nageurs rameurs.							
Cygnus cygnus (L.)	5 925	7,8	12,7	1,63	1,66	0,21	7,6
Anser fabalis (Lath.)	3 110	5,6	11,1	1,95	1,57	0,27	7
— *anser* (L.)	3 065	5,6	11,2	1,98	1,61	0,28	6,9
— *albifrons* (Scop.)	1 715	5,7	11,8	2,05	1,69	0,29	6,9
Branta bernicla (L.)	1 273	5,6	11,	1,97	1,38	0,24	8
— *leucopsis* (Bechst)	1 150	5,6	10,3	1,84	1,44	0,25	7,2
Anas platyrhynchus L.	1 105	5,4	8,7	1,59	1,33	0,25	6,3
Spatula clypeata (L.)	633	5,9	9,3	1,57	1,22	0,20	7,6
Dafila acuta (L.)	955	6,3	9,3	1,45	1,27	0,19	7,3
Mareca penelope (L.)	830	5,1	9,1	1,79	1,25	0,24	7,3
Querquedula crecca (L.)	293	5,4	8,7	1,61	1,20	0,22	7,2

	Poids du corps.	Rapport de la longueur réelle du corps à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur réelle du corps.	Rapport de l'envergure à la largeur de l'aile.
	Gr.						
Querquedula querquedula (L.)	327	5,8	9,5	1,64	1,38	0,23	6,9
Clangula clangula (L.)	622	4,9	8,2	1,67	1,07	0,21	7,6
Nyroca nyroca (Güld.)	512	5,1	8,5	1,63	1,22	0,23	6,9
— *fuligula* (L.)	741	4,8	7,8	1,61	1,04	0,21	7,4
— *ferina* (L.)	842	5	8,2	1,62	1,15	0,22	7,1
— *marila* (L.)	675	5,4	9,3	1,72	1,26	0,23	7,3
Oidemia nigra (L.)	870	5,4	8,9	1,63	1,17	0,21	7,6
— *fusca* (L.)	1 578	4,7	8,3	1,76	1,03	0,21	8
XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs.							
Mergus serrator L.	818	5,9	8,4	1,43	1,10	0,18	7,6
— *merganser* L.	1 470	6	8,4	1,38	1,14	0,18	7,3
— *albellus* L.	495	5,1	7,9	1,52	1,15	0,22	6,8
Colymbus cristatus L.	790	5,6	8,5	1,50	1,02	0,18	8,3
— *griseigena* Bodd.	480	5,4	9,2	1,73	1,25	0,22	7,5
— *ruficollis* Pall	180	4,4	7,8	1,76	1,17	0,26	6,7
Gavia septentrionalis (L.)	957	6,3	10,6	1,68	1,18	0,18	8,9
— *arctica* (L.)	1 495	6	10,5	1,73	1,23	0,20	8,4
Alca torda L.	780	4,7	7,4	1,56	0,81	0,17	9
Uria troille (L.)	1 010	4,5	7	1,54	0,80	0,17	8,7
Fratercula arctica (L.)	272	5,1	8,7	1,72	1,09	0,21	8
Alle alle (L.)	91,20	5,1	8,6	1,69	1,26	0,24	6,8
XVIII. Échassiers plongeurs rameurs.							
Fulica atra L.	578	4,8	8,7	1,81	1,34	0,28	6,4
Gallinula chloropus (L.)	265	5,2	8,7	1,64	1,65	0,29	5,6
Porzana porzana (L.)	69	5,5	9,6	1,73	1,70	0,30	5,6
Rallus aquaticus L.	128	6,1	8,2	1,34	1,68	0,27	4,9
XIX. Passereaux plongeurs rameurs.							
Alcedo ispida L.	36,40	5,7	8,7	1,52	1,57	0,27	5,5
XX. Oiseaux coureurs ou ne volant plus.							
Rhea americana (L.)	10 555	4,8	7,5	1,56	2	0,41	3,7
Spheniscus demersus (L.)	2 944	3,9	2,8	0,73	0,34	0,08	8,2

comprises, arriver à mesurer trois fois la longueur du corps.

Tatin (*87*) a signalé, au sujet de l'envergure, que le rapport des deux dimensions de l'aile, largeur et longueur, était de 1 à 6 pour les bons volateurs et de 1 à 5 pour les passables.

Cependant, il fait remarquer que, chez le Martinet par exemple, le rapport est de 1 à 8, et que chez les Oiseaux de mer, comme les Procellariés, il devient de 1 à 10, sans toutefois en donner d'autre interprétation que l'explication mathématique. La plupart des auteurs, et surtout MOUILLARD (*71*), avaient constaté ce fait sans donner, sauf celui-ci, de chiffres résultant de mesures précises. MOUILLARD avait vu, en effet, avec Faure, que les Oiseaux marins ont une aile étroite; mais, je le répète, aucun autre n'a donné de dimensions d'ensemble concernant l'envergure et la largeur de l'aile.

RICHET (*81*), qui a publié des chiffres d'envergure relative dans les tableaux de son étude sur le vol des Oiseaux, n'a pas tiré non plus de conclusions de ses observations. Il a simplement remarqué que les ailes étroites semblaient être l'attribut des volateurs dont le vol est souple et apte à de fréquents virages, tels que les Mouettes et les Hirondelles, qui évoluent avec une vitesse et une mobilité exceptionnelle.

J'ai repris cette étude des dimensions de l'aile des Oiseaux avec toute l'ampleur désirable. C'est chose délicate. La recherche de l'envergure doit être effectuée avec une certaine précision. La pratique de ce travail doit être rigoureusement personnelle ; si l'on veut des résultats exacts, la même main est indispensable, les ailes devant être, avant toute mensuration, tendue de même façon. Ce point a une certaine importance, non si les envergures que l'on étudie sont dans le rapport de 1 à 2 ou plus, mais si leurs longueurs sont assez voisines.

Ce sont toutes les dimensions que j'ai trouvées en examinant mes Oiseaux que j'ai rapportées à diverses autres longueurs artificielles ou réelles de l'animal et que j'ai consignées espèce par espèce dans les grands tableaux précédents (p. 211 à 216).

Pour mieux saisir les variations dans la longueur de l'envergure qui peuvent exister suivant le mode de vol, j'ai résumé dans le tableau suivant les résultats moyens que j'ai obtenus.

Si l'on examine le classement que donne l'envergure me-

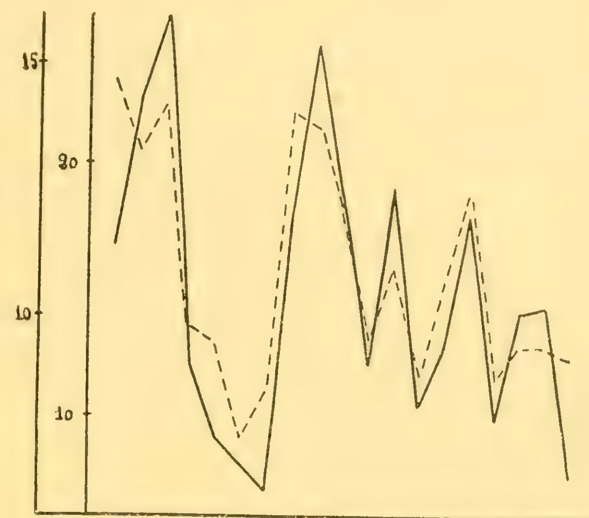
	Poids du corps.	Rapport de l'envergure à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure à la longueur réelle du corps
	Gr.		
Palmipèdes voiliers	2 552,7	14,7	2,38
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	14,2	2,36
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	14,1	2,25
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	13,7	2,59
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	13,3	1,86
Passereaux ramo-planeurs	46,7	12,4	1,96
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	12,2	2,15
Corvides ramo-planeurs	272	10,9	1,78
Échassiers rameurs riverains	176,9	10 7	1,84
— rameurs terrestres	1 578,1	9,8	1,89
Colombins rameurs	326,3	9,5	1,80
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	9,5	1,72
Passereaux rameurs à vol soutenu	33,1	9,5	1,64
— rameurs à vol peu soutenu	23,9	9,3	1,58
— vibrateurs	2,85	9,2	1,53
Échassiers plongeurs rameurs	260	8,8	1,63
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	8,7	1,52
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	8,5	1,60
Gallinacés rameurs	861,2	7,6	1,53

surée en centimètres et comparée à la racine cubique du poids, on s'aperçoit de suite qu'il est presque identique à celui fourni par la surface alaire rapportée à la racine cubique du poids porté au carré. Les différences révélées par les chiffres sont encore plus frappantes si les Oiseaux types sont ramenés à la dimension d'un Oiseau pesant un gramme, comme je l'ai fait dans les deux planches II et III. Les espèces représentées ont été photographiées dans une position analogue.

Toutefois, certains groupes, comme les Palmipèdes voiliers, les Échassiers rameurs, entre autres, sont plus remontés dans le classement par l'envergure que par la surface alaire. Qu'est-ce à dire, si ce n'est que, parmi les Oiseaux, ils se distinguent par une aile longue et peu large. C'est ce que je démontrerai plus loin. Par contre, il y a lieu de signaler que le Nandou, qui ne vole pas, a une envergure relative aussi grande que celle de beaucoup de Palmipèdes rameurs et que l'envergure est la plus petite chez le Pingouin du Cap [*Spheniscus demersus* (L.)].

Si nous faisons à nouveaux pour les dix-neuf séries la courbe

comparative de l'envergure et de la surface alaire relatives suivant le mode de vol, comme nous l'avons déjà fait pour le poids des ailes, c'est-à-dire en rangeant nos séries par poids du corps décroissant, nous obtenons un graphique (fig. 15) qui montre fort bien les variations de même sens de ces deux valeurs, en même temps que les décallages concernant les Palmipèdes et les Échassiers et dont je viens de parler.



Échelle de l'envergure.
Échelle de la surface alaire.

Fig. 15. — Courbes de la variation de la surface alaire et de l'envergure relatives suivant le mode de vol.
——— surface alaire.
— — — envergure.

Mais il est une objection que l'on peut faire à ces résultats, c'est que les dimensions de l'Oiseau sont comparées à la racine cubique du poids du corps. Or, ce poids est variable chez un même individu. Ainsi un Oiseau pèse davantage avant qu'après une migration. Pour parer à cette objection, j'ai rapporté l'envergure réelle à la longueur réelle du corps pour chaque animal; il est évident que, dans la nature, ces deux dimensions sont assez intimement liées l'une à l'autre. Les chiffres moyens que j'ai obtenus par ce procédé se classent encore une fois de la même manière, mais il apparaît ici quelques nouveaux décallages qui sont dus, cette fois, aux différences que j'ai signalées plus haut dans la longueur du corps.

Les observations que j'ai pu faire sur la largeur de l'aile en sont pas moins intéressantes. Pour avoir des termes de comparaison, j'ai mesuré la largeur de l'aile au niveau de l'articu-

lation de la main, et je l'ai comparée ensuite à la longueur réelle du corps et à la racine cubique du poids. J'ai aussi recherché à connaître l'acuité des ailes en divisant l'envergure par la largeur de l'aile. Voici les chiffres moyens que m'a donnés cette étude :

		Poids du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la longueur du corps.	Rapport de la largeur de l'aile à la $\sqrt[3]{P}$.	Acuité des ailes.
		Gr.			
	Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	0,46	2,49	5,5
A.	— diurnes voiliers	1 869,5	0,40	2,46	5,7
A.	Corvidés ramo-planeurs	272	0,39	2,47	4,4
A.	Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	0,37	2,15	5,7
A.	Passereaux rameurs à vol peu soutenu	23,9	0,37	2,20	4,2
A.	— rameurs à vol soutenu	33,1	0,35	2,13	4,5
A.	Colombins rameurs	326,3	0,33	1,75	5,4
A.	Passereaux ramo-planeurs	46,7	0,30	1,96	6,3
A.	Gallinacés rameurs	861,2	0,29	1,50	5,1
A.	Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	0,28	1,52	6,4
A.	Passereaux vibrateurs	2,85	0,22	1,32	6,9
B.	Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	0,30	2,19	6
B.	Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	0,28	1,77	7,9
B.	Échassiers plongeurs rameurs	260	0,28	1,59	5,6
B.	Passereaux plongeurs rameurs	36,4	0,27	1,57	5,5
B.	Échassiers rameurs riverains	176,9	0,25	1,51	7
B.	Palmipèdes voiliers	2 552,7	0,25	1,59	9,7
B.	— nageurs rameurs	1 380	0,22	1,31	7,2
B.	— plongeurs rameurs	736,5	0,20	1,10	7,8

Or, il se trouve que les Oiseaux se groupent en ce qui concerne la largeur et l'acuité des ailes en deux séries :

1° La série A, dans laquelle l'aile est large ou assez large et l'acuité petite ; cette série est formée par les Oiseaux terrestres ramo-planeurs, rameurs, ou voiliers utilisant les vents ascendants ou horizontaux faibles ;

2° La série B, constituée par des Oiseaux à forme aquatique ou riveraine, habitués à vivre dans des régions où règnent de grands courants d'air et à se servir de vent horizontal plus fort pour trouver une aide dans le vol ou pour pratiquer véritablement le vol à voile. Dans cette série, les individus possèdent une aile étroite et une grande acuité des ailes, et

cela quelque soit le genre de vol. Il apparaît, dans ces conditions, que l'action des courants d'air semble être la cause de cette réduction de l'aile en largeur ou mieux qu'une aile étroite est nécessaire pour voler dans un tel milieu. Cela est si vrai que, chez les Palmipèdes voiliers, l'aile est d'autant moins profonde que l'Oiseau est plus coutumier des vols dans les vents violents. En ce qui concerne les Passereaux ramo-planeurs (Martinets...), il faut chercher une autre raison pour expliquer leur conformation voisine de celle des voiliers marins. J'y reviendrai plus loin.

CHAPITRE V

Les dimensions des rayons osseux des bras. — L'envergure osseuse.

Les variations du développement de l'humérus, du cubitus et des os de la main. La longueur relative du fouet. Son rapport avec la fréquence des battements. L'envergure osseuse comparée à la racine cubique du poids et à la distance qui sépare l'articulation de l'épaule de celle de la hanche.

Cousin (*18*), le premier, a tenté des recherches biométriques sur les bras de quelques Oiseaux. Il en a conclu que plus l'animal est bon voilier, plus l'avant-bras dépasse l'épaule. Constatant que, chez le Vautour, ce dépassement, au delà de l'ovoïde antérieur du corps, est de 60 millimètres, il pense avoir la preuve que c'est l'allongement de l'avant-bras qui fait le voilier.

D'Esterno (*21*), avant lui, avait déjà signalé les variations qui existent dans les proportions relatives des différents rayons osseux de l'aile chez des Oiseaux d'espèces diverses ; il avait fait remarquer, entre autres, l'atrophie de l'avant-bras que l'on observe chez l'Autruche et le grand développement de ce rayon chez l'Albatros et la Frégate.

Alix (*1*) avait constaté aussi avec d'autres auteurs que l'humérus est excessivement court chez les Martinets et les Oiseaux-Mouches où sa longueur dépasse à peine celle de l'os caracoïdien, qu'il a au contraire une grande longueur chez la plupart des Rapaces diurnes, mais sans fournir non plus de chiffres.

J'ai repris cette étude et j'ai mesuré pour cela les longueurs des divers rayons osseux des 223 espèces que j'ai disséquées. J'ai mensuré en même temps le fouet, c'est-à-dire la longueur qui va de l'articulation carpienne à l'extrémité des rémiges primaires. Voici les résultats moyens que j'ai retirés des chiffres contenus dans les tableaux établis avec toutes les espèces (p. 224 à 229), et qui ont été obtenus en rapportant les longueurs des différents rayons osseux et du fouet à la racine cubique du poids de l'animal pour chaque espèce.

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.
	Gr.				
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	1,23	1,53	1,17	4,4
Passereaux ramo-planeurs	46,7	0,66	0,96	1,12	4,4
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	1,21	1,35	1,23	4,3
— voiliers	2 552,7	1,43	1,50	1,34	4,1
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	1,20	1,55	1,07	4
— diurnes ramo-planeurs	423,7	0,97	1,18	1,05	3,9
Corvidés ramo-planeurs	272	0,80	1	0,83	3,7
Passereaux vibrateurs	2,85	0,35	0,48	1,13	3,6
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	1,27	1,46	1,20	3,6
Échassiers rameurs riverains	176,9	0,93	0,98	1,03	3,2
Colombins rameurs	326,3	0,73	0,75	0,93	3,1
Passereaux rameurs à vol soutenu	33,1	0,68	0,87	0,75	3,
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	23,9	0,66	0,81	0,69	2,9
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	0,94	1,01	0,91	2,8
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	0,99	0,90	0,97	2,7
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	0,90	1,02	0,72	2,5
Échassiers plongeurs rameurs	260,	0,83	0,63	0,84	2,3
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	1,03	0,87	0,80	2,2
Gallinacés rameurs	861,2	0,78	0,74	0,71	2,2

On peut constater tout d'abord que le fouet est le plus long chez les voiliers et aussi chez certains ramo-planeurs qui donnent des coups d'ailes brusques pour obtenir une progression rapide, tels que les Martinets, les Hobereaux, les Sternes Pierre-Garin; les Oiseaux-Mouches eux-mêmes sont dans ce cas. Le fouet est beaucoup plus réduit chez les rameurs continus ; il est le plus court chez les Gallinacés.

D'un autre côté, les dimensions relatives des divers rayons osseux du membre supérieur sont en rapport direct avec l'envergure. Plus celle-ci est grande, plus l'humérus et le cubitus sont développés, celui-ci dépassant alors de beaucoup le premier en longueur. C'est pour cette raison que ces dimensions apparaissent les plus importantes chez les voiliers.

Je pense que la cause du développement du cubitus et de l'humérus est liée simplement, dans ce cas, à l'allongement de l'aile et, par conséquent, indirectement au mode de vol. Par contre, chez les rameurs continus à envergure

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
I. Rapaces diurnes voiliers.							
Gyps fulvus (Habl.)	7 269	1,37	1,74	1,19	3,6	9,1	7,2
Gypaëtus barbatus grandis Storr	5 385	1,31	1,71	0,90	4,3	8,5	7,8
Catharista atrata (Bartr.)	1 702	1,28	1,55	1,08	4,2	8	7,4
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	1,23	1,51	1,11	4,4	8,1	7,4
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)	2 060	1,10	1,41	0,98	3,6	8,2	8,
Helotarsus ecaudadus (Daud.)	2 095	1,27	1,65	1,14	4	8,5	7,8
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill)	2 125,50	1,10	1,40	1	4	8,3	7,9
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	1,35	1,70	1,15	4,5	9,4	8,9
Buteo buteo (L.)	1 027	1,07	1,30	0,96	4,	6,8	6,9
Pernis apivorus (L.)	615	1,09	1,31	0,99	4,2	7,5	8,1
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	1,35	1,76	1,42	4,8	9,4	9,5
Circus æruginosus (L.)	680	1,20	1,59	1,38	4,7	8,9	7,8
— *cyaneus* (L.) ♀	471,50	1,22	1,37	1,25	4,8	8,2	6,6
— *cyaneus* (L.) ♂	331	1,25	1,38	1,26	4,9	9	8,2
— *pygargus* (L.)	236,50	1,40	1,89	1,45	5,8	10	8,2
— *macrurus* (Gmel.)	386	1,20	1,51	1,35	4,9	8	7,8
Milvus milvus (L.)	927	1,28	1,38	1,33	5,2	8,5	7,9
II. — Palmipèdes voiliers.							
Diomedea exulans L.	8 502	1,98	1,94	1,35	3,3	10,9	10,6
Fregata aquila (L.)	1 620	1,43	1,83	1,54	5,2	10,2	11,1
Sula bassana (L.)	2 690	1,47	1,32	1,25	3,5	8,8	8,4
Puffinus kuhli Boie	572	1,42	1,56	1,50	4,2	9,2	8,2
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	1,11	1,05	1,20	4,8	9	8
Larus marinus L.	1 915	1,20	1,35	1,25	4,1	8,5	7,5
III. Échassiers ramo-planeurs.							
Ardea cinerea (L.)	1 408	1,35	1,57	1,28	3,9	10,2	8,1
Egretta alba (L.)	1 178	1,30	1,48	1,20	4,1	8,5	7
Botaurus stellaris (L.)	1 198	1,30	1,46	1,16	3,3	8,1	6,4
Nycticorax nycticorax (L.)	512	1,37	1,57	1,32	3,4	8,7	6,5
Platalea leucorodia L.	1 565	1,16	1,29	1,03	3,2	7,4	7,2
Ciconia ciconia (L.)	3 438	1,25	1,45	1,12	3,7	7,9	8,8
Megalornis grus (L.)	4 175	1,30	1,49	1,18	3,5	8	6,8
Leptoptilus crumeniferus Less.	7 030	1,41	1,75	1 33	4,1	9 5	8 3
Vanellus vanellus (L.)	211	1,05	1,09	1,20	3,8	7,3	7,9
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.							
Bubo bubo (L.)	1 720	1,37	1,66	1,08	3,6	8,8	7,8
Asio otus (L.)	247	1,46	1,77	1,07	5	8,7	6,7
Asio flammeus Pont	390	1,10	1,47	1,24	4,5	7,4	6,5
Otus scops (L.)	49 75	1,14	1,55	1,17	4,1	8	7,3
Tyto alba (L.)	279	1,31	1,47	1,22	4,3	7,9	6,7

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
Strix aluco L.	418	0,95	1,17	0,90	3	7,2	6,2
Athene noctua (Scop.)	161,50	1,13	1,77	0,87	3,6	6,4	6,2
V. Rapaces diurnes ramo-planeurs.							
Accipiter gentilis (L.)	708	1,03	1,24	1,11	3,4	7,4	7,1
— *nisus* (L.) ♀	221	1,04	1,29	1,10	3,9	7,4	6,3
— *nisus* (L.) ♂	136	1,01	1,36	1,03	3,7	7,3	5,7
Polyborus tharus (Mol.)	1 209	0,97	1,05	0,98	3,9	6,6	6,9
Falco tinnunculus L. ♀	245	0,89	1,12	0,83	3,7	6,1	6,2
— *tinnunculus* L. ♂	172	0,95	1,16	1,02	4,6	6,9	6,4
— *peregrinus* Tunst.	813	0,93	1,11	1,13	3,7	6,9	6,3
— *subbuteo* L.	165	1,02	1,22	1,22	4,6	7,4	6,3
— *columbarius regulus* Pall.	145	0,95	1,10	1,10	3,7	6,9	5,8
VI. Corvidés ramo-planeurs.							
Corvus corone L.	470	0,83	0,96	0,90	3,8	5,9	5,8
— *cornix* L.	633	0,85	0,97	0,90	3,7	5,8	5,8
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	0,90	1,10	1	4,1	6,1	6,1
Colœus monedula spermologus (Vieill.)	253	0,75	0,94	0,82	3,7	5,3	5,4
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	0,78	0,91	0,80	3,6	5,3	5,4
Graculus graculus (L.)	223	0,74	1,02	0,99	4,6	5,7	5,4
Nucifraga caryocatactes (L)	161	0,77	1,01	0,82	3,4	5,4	5,7
Coracias garrulus L.	128	1,05	1,33	1,09	3,9	6,8	6,5
Pica pica (L.)	214	0,71	0,91	0,50	3,2	4,5	4,3
Garrulus glandarius (L.)	160	0,79	0,95	0,77	3,5	5,4	5,6
Upupa epops L.	91	0,75	1,02	0,72	3,5	6,5	6
Xanthoura yncas (Bodd.)	71,30	0,76	0,94	0,75	3,4	4,5	4,4
VII. Passereaux ramo-planeurs.							
Cuculus canorus L.	104	0,90	1,14	1,14	4,2	6,5	6,2
Caprimulgus europæus L.	92	0,88	1,15	1,21	4,3	6,7	7,8
Apus apus (L.)	36,20	0,30	0,63	1,36	5,3	5	4,5
Chelidon rustica (L.)	18,35	0,68	0,95	0,98	4,5	5,3	5
Hirundo urbica (L.)	14,35	0,57	0,95	1,07	4,1	5,2	5,1
Riparia rupestris (Scop.)	15,50	0,67	0,94	0,99	4,5	5,3	5
VIII. Palmipèdes ramo-planeurs.							
Phalacrocorax carbo (L.)	2115	1,43	1,70	1,10	3,3	9,2	6,6
Puffinus puffinus (Brünn.)	342	1,11	0,80	1,35	3,4	7,1	6,4
Larus argentatus Pontopp.	1 189	1,14	1,35	1,24	4,4	8,3	7,3
— *canus* L.	367	1,16	1,28	1,18	4,8	8,3	8,5
Rissa tridactyla (L.)	488	1,18	1,35	1,24	4,1	8	8,3
Larus ridibundus L.	261	1,24	1,49	1,36	4,8	8,7	7,4
Sterna hirundo L.	118	1,22	1,53	1,18	5,8	7,8	7,4

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fou t.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
IX. PASSEREAUX RAMEURS A VOL SOUTENU.							
Muscicapa striata (Pallas.)	14,35	0,65	0,98	0,94	3,7	5,6	5,3
Ficedula hypoleuca (Pallas.)	12,50	0,64	0,94	0,78	3,4	5	4,5
Alauda arvensis L.	28,30	0,82	1,05	0,92	3,1	6	5,7
Anthus pratensis (L.)	18	0,78	0,95	0,82	3	5,5	4,8
— *trivialis* (L.)	20,70	0,79	0,98	0,83	3,3	5,5	4,9
Motacilla alba L.	22	0,75	0,96	0,89	3,2	5,4	5,2
— *flava* L.	16,50	0,74	0,98	0,90	3	5,5	5
— *cinerea*. Tunstall.	16	0,72	0,99	0,76	3,2	5,1	5
Lanius excubitor L.	50,50	0,75	0,94	0,81	3	5,3	4,5
— *senator* L.	26,10	0,73	1	0,73	3,7	5,3	4,8
— *collurio* L.	30,95	0,67	0,83	0,79	2,8	4,8	4,7
Luscinia megarhyncha Brehm	17,10	0,66	0,89	0,73	3,2	5	4,2
Erythacus rubecula (L.)	17,75	0,65	0,80	0,73	2,6	4,5	4,8
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	0,68	0,85	0,80	3,4	5,1	4,5
— *ochrurus gibraltariensis* (Gmel.)	16,95	0,68	0,93	0,85	3,4	5,1	5,3
Pratincola rubetra (L.)	13,05	0,72	1,02	0,93	3,3	5,6	4,8
Pratincola rubicola (L.)	11,45	0,71	0,93	0,74	2,9	5,2	4,9
Phylloscopus bonellii Vieill	7,65	0,60	0,86	0,76	2,9	4,9	4,4
— *rufus* Bechst	5,25	0,63	0,86	0,80	3,1	4,9	4,3
Oriolus oriolus (L.)	72	0,81	1,05	1	3,7	5,8	5,2
Monticola solitarius (L.)	62,80	0,65	0,90	0,85	3,1	5	5
— *saxatilis* (L.)	47,50	0,69	0,96	0,80	3,1	5,3	5,1
Turdus merula L.	91,50	0.71	0,82	0,75	2,8	4,8	4,3
— *naumanni* Temm.	76,20	0,68	0,82	0,75	2,8	4,5	4,5
— *viscivorus* L.	106	0,66	0,74	0,71	3	4,7	4,7
— *pilaris* L.	98	0,65	0,75	0,69	3	4,7	5,1
— *musicus* L.	70,30	0,65	0,75	0,72	2,7	4,7	4,7
— *iliacus* L.	56	0,73	0,88	0,69	3	5,1	4,6
— *torquatus* L.	96,50	0,67	0,89	0,82	2,9	4,9	4,5
Sturnus vulgaris L.	79,50	0,67	0,83	0,65	2,9	4,6	4,3
Loxia curvirostra L.	47,60	0,69	0,82	0,74	2,8	4,3	3,8
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	0,68	0,77	0,68	2,8	4,9	4,3
Pyrrhula pyrrhula europæa Vieillot.	21,40	0,68	0,92	0,46	2,9	4,8	4,3
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	0,74	0,99	0,74	3,5	5,4	5,2
Chloris chloris (L.)	23,70	0,66	0,83	0,66	3	4,7	4,5
Fringilla cælebs L.	21,15	0,65	0,86	0,76	3,2	5.2	5,5
Fringilla montifringilla L.	25,10	0,64	0,81	0,74	3,1	4,7	4,7
Passer domestica (L.)	30	0,63	0,80	0,63	2,4	4,3	3,8
— *montana* (L.)	15,20	0,64	0,74	0,64	2,9	4,4	3,9
Petronia petronia (L.)	25	0,63	0,79	0,66	3.1	4,4	3,8
Carduelis carduelis (L.)	16,65	0,66	0,90	0,80	3,1	5	4,4
Spinus spinus (L.)	11,80	0,57	0,70	0,69	3	4,7	4,7
Acanthis cannabina (L.)	15,80	0,68	0,88	0,68	3,2	4,8	4,1
Spinus citrinella (L.)	11,95	0.70	0,87	0,78	3.2	5	5,5

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
Emberiza citrinella L.	25	0,72	0,85	0,75	3,1	5,1	4,6
— *cirlus* L.	23.10	0,69	0,69	0,68	2,6	4,8	4,6
— *hortulana* L.	33	0,62	0,80	0,77	2,7	4,9	4,4
— *cia* L.	21,40	0,63	0,74	0,70	2,8	4,9	4,5
— *schœniclus* L.	20	0,66	0,78	0.72	2,8	4,8	4,7
Regulus regulus (L.)	3,80	0,51	0,83	0,76	3,2	4,8	5
X. PASSEREAUX RAMEURS A VOL PEU SOUTENU.							
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)	14,30	0,66	0,86	0,73	2,6	5,3	4,8
Sylvia atricapilla (L.)	16,25	0,67	0,79	0,75	3	4,9	4,1
Sylvia simplex Lath.	15,80	0,68	0,80	0,80	3	4,8	4,4
— *communis* Lath.	18,65	0,60	0,71	0,67	2,7	4,5	4,4
Prunella modularis (L.)	18	0,64	0,68	0,57	2.5	4,4	4,1
Hypolaïs icterina (Vieill.)	10,65	0,63	0,86	0,72	3	4,8	4,4
Acrocephalus cirpaceus Herm	12,80	0,51	0,72	0,64	2,9	4,1	4,1
— *schœnobænus* (L.)	10,40	0,59	0,73	0,74	2,8	4.5	3,8
Parus major L.	21,45	0,57	0,72	0,53	2,7	3,9	4
— *cæruleus* L.	11	0,67	0,81	0,67	3	4.9	5
— *cristatus mitratus* Brehm	10,20	0,64	0,87	0,69	2,9	4.9	5
— *palustris longirostris* Kleinsch	10,90	0,67	0,76	0,67	2,8	4.8	5.3
— *palustris communis* Kleinsch	11,75	0,66	0,83	0,70	3	4,2	5,3
Ægithalus caudatus (L.)	8	0,55	0,70	0,55	3	4.3	4.5
Gecinus viridis (L.)	156	0,84	1,02	0,81	3	5,4	4.7
Dryobates major pinetorum (Brehm.)	73	0,76	0,93	0,65	3,1	5	4,9
Dryobates minor hortorum (Brehm.)	15,50	0.89	1,01	0,85	3,4	6,3	5,2
Jynx torquilla L.	37,30	0,71	0,88	0,59	2,6	4,7	4,3
Certhia brachydactyla Brehm	8,50	0,63	0,78	0,77	3	5.1	6,2
Sitta europæa cæsia Wolf.	21,10	0,68	0,86	0,79	3,1	5	5,1
Tichodroma muraria (L.)	15	0,81	1,05	0,89	4	6	5.2
Troglodytes troglodytes (L.)	10,10	0,50	0.65	0,45	2.2	4.3	4.5
XI. PASSEREAUX VIBRATEURS.							
Eupherusa eximia (Del.)	2,85	0,35	0,48	1,13	3,6	4,9	4,8
XII. ÉCHASSIERS RAMEURS TERRESTRES.							
Otis tarda (L.)	8 950	1,04	1,16	0,96	2,5	6,2	5,8
— *tetrax* L.	830	1,05	1,16	0,95	2,4	6,1	5,7
Burhinus œdicnemus (L.)	522	1,01	1,14	0,93	2,9	6.1	6,3
Charadrius apricarius L.	178	0,85	1,01	0,97	3,1	6,2	6,9
— *morinellus* L.	90	0,93	1,04	0,69	3,3	5,2	5,7
Crex crex (L.)	155	0,91	0,81	0,87	2.6	5.4	4
Scolopax rusticola L.	322	0,80	0,80	1,02	3	5,6	5,5

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
XIII. Échassiers rameurs riverains.							
Numenius arquatus (L.)	768	1,03	1,14	0,92	3,3	6,6	6,4
Hæmatopus ostralegus L.	438	0,95	1,01	0,96	3,4	6,2	5,2
Charadrius hiaticula L.	62,20	0,88	1,01	1,01	3,3	5,7	5,6
Squatarola squatarola (L.)	216	0,90	0,92	0,91	3,4	5,9	5,3
Gallinago gallinago (L.)	95,50	0,87	0,65	0,87	2,8	5,3	4,6
Limnocryptes gallinula (L.)	57	0,91	0,88	1,06	2,8	6,3	6
Canutus canutus (L.)	88	0,99	1,12	1,17	3,5	6,5	6
Erolia alpina (L.)	44	0,79	0,75	1,07	3,1	6	5,7
Arenaria interpres (L.)	107,80	0,86	0,94	0,94	3,1	5,8	6,2
Calidris leucophæa (Pall)	41,90	0,86	0,97	1	3,3	5,8	5,6
Machetes pugnax (L.)	180	0,97	0,93	1,06	3,4	6,5	5,9
Tringa nebularius (Günn.)	156	1,02	1,07	1,01	3,5	6,5	6,1
— *erythropus* (Pall.)	133	0,96	1,07	1,03	3,2	6,1	5,9
— *totanus* (L.)	133	0,87	0,98	1,02	2,9	6	5,6
— *ochrophus* L.	72,70	0,88	0,98	1,26	3,5	6,7	6,2
— *hypoleucus* (L.)	48,50	0,90	0,98	0,96	3,1	5,5	5,3
Limosa lapponica (L.)	197	1	1,07	1,12	3,8	6,9	6,6
— *limosa* (L.)	228	0,99	1,06	1,14	3,4	6,8	6,7
Recurvirostra avocetta L.	295	1,18	1,27	1,15	3,3	7,5	6,5
XIV. Colombins rameurs.							
Columba palumbus L.	495	0,75	0,74	0,92	3,1	4,9	5,2
— *œnas* L.	306	0,74	0,74	0,96	3,1	5,4	5,6
Turtur turtur (L.)	178	0,71	0,78	0,92	3,1	5,3	5,5
XV. Gallinacés rameurs.							
Tetrao urogallus L. ♂	3 361	0,85	0,84	0,71	2,4	5	4,8
— *urogallus* L. ♀	1 890	0,84	0,85	0,72	2,3	5,3	5,2
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	0,84	0,84	0,70	2,3	5,1	4,4
— *tetrix* (L.) ♀	940	0,83	0,78	0,76	2,2	5,1	4,7
Tetrao medius Mey.	1 193	0,82	0,86	0,83	2,4	5,5	5
Lagopus mutus (Martin)	462,50	0,71	0,75	0,68	2,4	4,6	4,8
Lagopus lagopus (L.)	620	0,81	0,72	0,81	2,5	4,4	4,2
— *scoticus* Lath.	624	0,81	0,70	0,81	2,5	5	4,5
Tetrastes bonasia (L.)	278	0,78	0,76	0,84	2,5	5,2	4,8
Caccabis rufa (L.)	490	0,72	0,68	0,69	2,1	4,6	4,5
— *saxatilis* Mey. et Wolf.	606,50	0,70	0,67	0,61	1,9	4,3	4,2
Perdix perdix (L.)	387	0,78	0,68	0,71	2,1	4,1	3,6
Coturnix coturnix (L.)	83,20	0,87	0,77	0,80	2,4	5,5	4,2
Colinus pectoralis Gould	131,50	0,68	0,68	0,49	1,9	3,9	3,8
Rhynchotus rufescens (Temm.)	821,70	0,67	0,66	0,60	2,3	4,1	4

	Poids du corps.	Longueur relative de l'humérus.	Longueur relative du cubitus.	Longueur relative des os de la main.	Longueur relative du fouet.	Rapport de l'envergure osseuse à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de l'envergure osseuse à la longueur qui sépare l'articulation de l'épaule de celle du fémur.
	Gr.						
XVI. Palmipèdes nageurs rameurs.							
Cygnus cygnus (L.)	5 925	1,10	1,10	1,11	3,1	8,4	6,4
Anser fabalis (Lath.)	3 110	1,09	1,09	1,07	3,2	7,2	7,5
— *anser* (L.)	3 065	1,27	1,22	1,29	3,2	7,2	6,8
— *albifrons* (Scop)	1 715	1,29	1,25	1,27	3,4	7,5	6,9
Branta bernicla (L.)	1 273	1,15	1,01	1,13	3,1	7,3	6,7
— *leucopsis* (Bechst.)	1 150	1,17	1,06	1,14	3,4	7,2	6,8
Anas platyrhynchus L.	1 105	0,95	0,83	0,97	2,5	5,7	5,3
Spatula clypeata (L.)	633	0,89	0,85	0,75	2,7	5,7	5,5
Dafila acuta (L.)	955	0,92	0,80	0,97	2,6	5,6	5
Mareca penelope (L.)	830	0,94	0,81	0,99	2,7	5,6	5,5
Querquedula crecca (L.)	293	0,93	0,70	1	2,7	5,5	5,4
— *querquedula* (L.)	327	0,94	0,72	1,01	2,8	5,9	5,4
Clangula clangula (L.)	622	0,82	0,70	0,82	2,3	5,3	5
Nyroca nyroca (Güld.)	512	0,80	0,72	0,79	2,3	5,3	5
— *fuligula* (L.)	741	0,80	0,74	0,80	2,3	5,2	5,6
— *ferina* (L.)	842	0,90	0,68	0,86	2,3	5,4	5,1
— *marila* (L.)	675	1,08	1,02	0,74	2,5	5,9	6,1
Oidemia nigra (L.)	870	0,95	0,93	0,94	2,4	6,2	5,5
— *fusca* (L.)	1 578	0,93	0,90	0,91	2,2	5,2	5
XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs.							
Mergus serrator L.	818	0,98	0,89	0,80	2,4	5,2	5
— *mersanger* L.	1 470	0,94	0,86	0,80	2,3	5,5	5
— *albellus* L.	495	0,71	0,55	0,82	2,2	4,7	4,6
Colymbus cristatus L.	790	1,09	1,02	0,75	1,9	6,5	6,8
— *griseigena* Bodd.	480	1,24	1,21	0,56	2,1	6,5	6,8
— *ruficollis* Pall.	180	0,97	0,93	0,76	1,8	5,6	5,9
Gavia septentrionalis (L.)	957	1,37	1,01	0,81	2,7	5,7	4,9
— *arctica* (L.)	1 495	1,36	1,26	0,96	2,7	7,7	7
Alca torda L.	780	0,86	0,53	0,90	2,1	9,2	4,7
Uria troille (L.)	1 010	0,88	0,49	0,79	2	5	4,5
Fratercula arctica (L.)	272	0,97	0,89	0,83	2,5	5,9	4,9
Alle alle (L.)	91,20	0,99	0,90	0,85	2,8	5,7	5
XVIII. Échassiers plongeurs rameurs.							
Fulica atra L.	578	0,86	0,72	0,81	2,4	5,5	4,6
Gallinula chloropus (L.)	265	0,77	0,46	0,96	2	5,2	4
Porzana porzana (L.)	69	0,87	0,73	0,85	2,8	5,7	3,7
Rallus aquaticus L.	128	0,83	0,63	0,75	2,3	5	3,6
XIX. Passereaux plongeurs rameurs.							
Alcedo ispida L.	36,40	0,90	1,02	0,72	2,5	5,5	5
XX. Oiseaux coureurs ou ne volant pas.							
Rhea americana (L.)	10 555	1,11	0,84	0,38	2,1	»	»
Spheniscus demersus (L.)	2 944	0,38	0,36	0,48	0,69	2,7	2,6

plus réduite, ces deux rayons sont relativement bien moins allongés et souvent sensiblement égaux. Je signalerai, en outre, que chez la plupart des espèces aquatiques, voiliers ou autres, le cubitus est presque toujours plus court que l'humérus, et cela quelle que soit l'importance du développement de ce dernier os. Il en est de même pour le Nandou [*Rhea americana* (L.)] et pour les Gallinacés. Toutefois pour toutes les espèces des groupes, vivant dans les régions aquatiques et qui font du vol battu, les os du bras et de l'avant-bras sont bien moins grands relativement que chez les voiliers marins.

	Poids du corps.	Rapport de l'envergure osseuse.	
		à la $\sqrt[3]{P}$.	à la distance G. C.
Palmipèdes voiliers	2 552,7	9,4	8,9
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	8,5	7,8
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	8,4	7,4
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	8,2	7,4
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	7,7	6,7
— diurnes ramo-planeurs	423,7	6,9	6,3
Échassiers rameurs riverains	176,9	6,2	5,8
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	6,1	5,8
— plongeurs rameurs	736,5	6,1	5,4
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	5,8	5,7
Corvidés ramo-planeurs	272	5,6	5,5
Passereaux ramo-planeurs	46,7	5,6	5,6
— plongeurs rameurs	36,4	5,5	5
Échassiers plongeurs rameurs	260	5,4	3,9
Colombins rameurs	326,3	5,2	5,4
Passereaux rameurs à vol soutenu	33,1	4,9	4,6
— rameurs à vol peu soutenu	23,9	4,9	4,6
— vibrateurs	2,85	4,9	4,8
Gallinacés rameurs	861,2	4,7	4,4

Il y a lieu de faire remarquer aussi que les Oiseaux qui battent des ailes de façon spasmodique, comme les Oiseaux-Mouches et les Martinets, ont le bras très court comparativement à l'avant-bras.

Enfin les os de la main sont développés chez tous les individus dont le fouet est grand, chez les voiliers, chez la plupart des ramo-planeurs et aussi chez les Oiseaux-

Mouches où cette portion du bras est plus considérable que les autres rayons osseux, comme cela existe pour les Martinets et les Engoulevents.

Le planche XI met bien en évidence ces résultats.

En même temps que j'étudiais les dimensions des divers segments osseux du membre supérieur des Oiseaux, j'ai mesuré l'envergure osseuse, c'est-à-dire la distance qui sépare les extrémités des os de la main privée de plumes lorsque les bras sont étendus au maximum. J'ai comparé les mesures obtenues à la racine cubique du poids et aussi à la distance *G. C.* qui sépare l'articulation de l'épaule de celle de la hanche. Les chiffres moyens que j'ai obtenus sont contenus dans le tableau de la page 230, les rapports individuels étant consignés dans les grands tableaux précédents (p. 224 à 229).

On se rend compte que les classements que donne cette étude sont identiques et concordent dans l'ensemble avec celui fourni par l'étude de l'envergure totale des Oiseaux. Ce sont encore les voiliers qui offrent la plus grande envergure osseuse, comme ils possèdent la plus grande envergure totale. De même, ce sont toujours les Gallinacés qui présentent les envergures totales et osseuses les plus faibles. Il y a seulement à signaler quelques déclassements du fait que les Palmipèdes rameurs, entre autres, ont leur envergure osseuse plus développée que leur envergure totale, alors que c'est le contraire qui se produit chez les Passereaux.. Cela tient à ce que ces derniers ont les os de la main moins longs proportionnellement que les premiers.

CHAPITRE VI

La forme des ailes.

Les diverses formes. Leurs rapports avec le mode de vol, la fréquence des battements et le milieu ambiant. Les modifications morphologiques de l'aile dans le vol battu et le vol à voile. La torsion des rémiges primaires et secondaires. La courbure transversale des ailes. L'épaisseur des ailes. Ailes épaisses et ailes minces.

Chaque groupe d'Oiseaux se montre donc comme caractérisé par des dimensions et, par conséquent, par une forme d'ailes particulières. On s'est contenté jusqu'ici de désigner les différentes ailes d'Oiseaux sous les termes d'ailes obtuses, subobtuses, surobtuses, aiguës, suraiguës, subaiguës. Mais on n'a que fort peu et fort rarement cherché à interpréter et à classer ces observations d'ordre morphologique.

On trouvera en examinant les planches I, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, les diverses formes d'ailes que j'ai rencontrées chez les Oiseaux étudiés par moi. J'ai ramené en même temps ces ailes aux dimensions qu'elles auraient si chacun des Oiseaux pesait un gramme, de façon à montrer aussi leur grandeur relative.

Je considère que la forme typique de l'aile est la forme ovale, la forme elliptique. On la trouve chez les Rapaces diurnes voiliers, avec cette particularité que les extrémités libres de ces ailes sont découpées en lanières, par suite du rétrécissement brusque du bout des grandes pennes qui laissent alors entre elles des espaces interdigités variables, mais toujours analogues. Cet aspect déchiqueté semble être causé par l'action de l'air sur l'extrémité d'ailes longues au moment des battements et aussi par l'écoulement des filets d'air au cours du vol par vent ascendant ou horizontal faible. Il existe, en effet, une aile déchiquetée à sa partie libre dans d'autres groupes, chez les Échassiers pourvus de grandes surfaces portantes, qui, surtout rameurs et planeurs, pratiquent quel-

quefois le vol à voile, chez quelques Rapaces nocturnes ramo-planeurs qui volent en ramant lentement ou en planant silencieusement.

D'autres Oiseaux qui, à certains moments, volent comme des Papillons le long des rochers, tel le Tichodrome, ou qui ne volent presque plus, tel le Troglodyte, possèdent une aile presque ronde (fig. 16). Par contre, les groupes, qui battent toujours assez rapidement des ailes, ont celles-ci qui

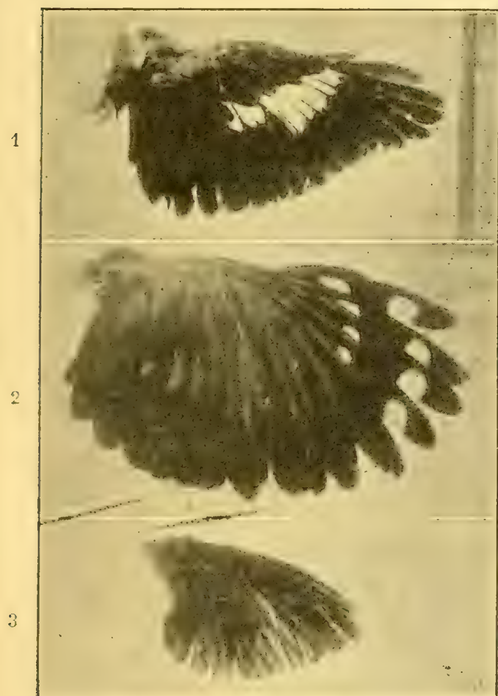


Fig. 16. — La forme de l'aile (en grandeur relative) chez les Passereaux rameurs suivant la qualité de leur vol.

1. Pie-grièche grise, *Lanius excubitor* L. rameur normal. 2. Tichodrome-Échelette, *Tichodroma muraria*, (L.) à vol papillonnant. 3. Troglodyte Mignon, *Troglodytes troglodytes* (L.) à envolées très rares.

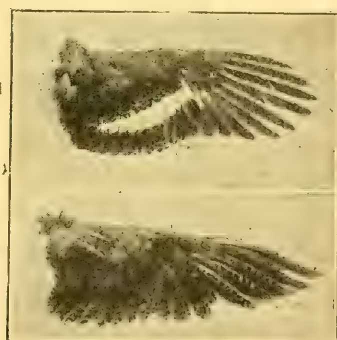


Fig. 17. — L'allongement de l'aile (en grandeur relative) chez les Gallinacés suivant la fréquence des battements.

1. Petit coq de bruyères, *Lyrurus tetrix* (L.), 8 battements à la seconde. 2. Caille commune, *Coturnix coturnix* (L.), 12 battements à la seconde.

s'amincissent plus ou moins suivant la vitesse des battements et qui prennent, de ce fait, une forme plus ou moins aiguë. Chez la plupart des Passereaux, chez les Colombins et les Gallinacés, c'est la partie appelée fouet, c'est-à-dire la portion de l'aile située en dehors de l'articulation de la main, qui s'effile seule. L'aile prend alors une forme ovoïde, el gros bout étant près du corps. Dans le groupe des Gallinacés, en outre, les grandes rémiges ont leur extrémité rétrécie et lais-

sent entre elles des intervalles, comme dans le groupe des Ra-



Fig. 18. — L'allongement de l'aile (en grandeur relative) chez les Rapaces diurnes ramo-planeurs suivant la fréquence des battements.

1. Faucon Crécerelle, *Falco tinnunculus* L., 2 battements à la seconde. — 2. Faucon hobereau., *Falco subbuteo* L., 5 à 6 battements à la seconde.



Fig. 19. — L'allongement de l'aile (en grandeur relative) chez les Passereaux ramo-planeurs suivant la fréquence des battements.

1. Hirondelle des fenêtres, *Hirundo urbica* (L.), 3 à 4 battements à la seconde. — 2. Martinet noir, *Apus apus* (L.), 7 à 8 battements à la seconde.

paces voiliers, sauf en ce qui concerne la Caille, qui vole de

façon pour ainsi dire spasmodique et dont l'aile ici encore s'est effilée considérablement (fig. 17).

Chez les Rapaces diurnes ramo-planeurs qui battent des ailes pour progresser et n'utilisent que très peu le vent pour se soutenir dans les airs, l'aile devient plus aiguë à mesure que la vitesse des battements augmente. On retrouva tous les passages depuis l'aile pointue seulement dans la région du fouet, qui existe chez les Autours, jusqu'à l'aile en forme de faux des Faucons Hobereaux (fig. 18), qui rament rapidement à la façon des Hirondelles et des Martinets. Ces derniers, Passereaux ramo-planeurs, ont aussi une aile très effilée, d'autant plus aiguë que ses mouvements sont plus nombreux, comme c'est le cas pour le Martinet (fig. 19).



Fig. 20. — L'allongement de l'aile (en grandeur relative) chez les petits Échassiers suivant le milieu.

1. Courlis cendré, *Numenius arquatus* (L.) (Oiseau riverain vivant dans les grands courants d'air). — 2. Outarde canepetière, *Otis tetrax* L. — 3. Bécasse commune, *Scolopax rusticola* L. — 4. Vanneau huppé *Vanellus vanellus* (L.) (Oiseaux vivant en plaine).

L'influence de la vitesse de battement sur la forme de l'aile est si vrai que les Oiseaux-Mouches, qui rament si vite que leurs membres supérieurs semblent vibrer, ont tous aussi une aile ressemblant à une faux.

La forme aiguë se rencontre encore dans d'autres groupes d'Oiseaux, chez tous les Palmipèdes, en général, et chez la plupart des petits Échassiers; mais la cause de l'effilement ici n'est pas unique ; elle est en rapport, pour certains, avec la vitesse des coups d'ailes, mais elle réside aussi dans l'action des courants d'air dans lesquels volent ces espèces, action qui a pour effet de diminuer la profondeur des ailes, à tel point que certains voiliers, comme l'Albatros, montrent un corps soutenu par des surfaces portantes comparables à des baguettes étroites.

Tous les Oiseaux d'eau ou de rivage, qui volent dans ces conditions, ont tous une aile plus étroite que celle des individus volant au-dessus des terres, et cela quel que soit leur mode de vol, ramé ou à voile. Ce sont bien les conditions de vie aérienne qui sont la raison de cette transformation, puisque les petits Échassiers vivant en plaine comme le Vanneau, la Bécasse, les Outardes, sont pourvus d'ailes beaucoup moins effilées que celles de leurs congénères vivant au bord des eaux et ayant une fréquence de battements sensiblement égale (fig. 20).

Des expériences que je poursuis actuellement m'ont déjà prouvé que les explications que je viens de donner au sujet des causes de la variation de forme des ailes, ne sont pas une simple vue de l'esprit. Par des modifications apportées à la voilure des Oiseaux, j'ai pu me rendre compte, en effet, que les formes des ailes sont dues à l'action du milieu ambiant ou à la manière dont elles se meuvent, les réactions occasionnées par les mouvements ayant pour effet de les effiler totalement ou en partie.

Les ailes des Oiseaux présentent d'autres particularités. Elles sont toutes concaves en dessous, quelle que soit leur forme, et cela dans tous les sens. La concavité longitudinale, bien que très nette, n'est pourtant jamais très forte; elle est à grand rayon pour toutes les espèces. La concavité transversale, par contre, est très variable. Examinée sur sa face inférieure, une aile montre d'abord à l'avant un plan résistant peu profond, incliné vers le haut de 3 à 10 degrés sur l'axe du corps.

Ce plan, qui est sous-jacent aux masses osseuses et musculaires du membre supérieur, est égal en moyenne au tiers de la largeur de l'aile chez les Oiseaux à ailes étroites et au quart chez ceux pourvus d'ailes profondes.

Puis viennent les rémiges, qui sont toujours arquées vers le

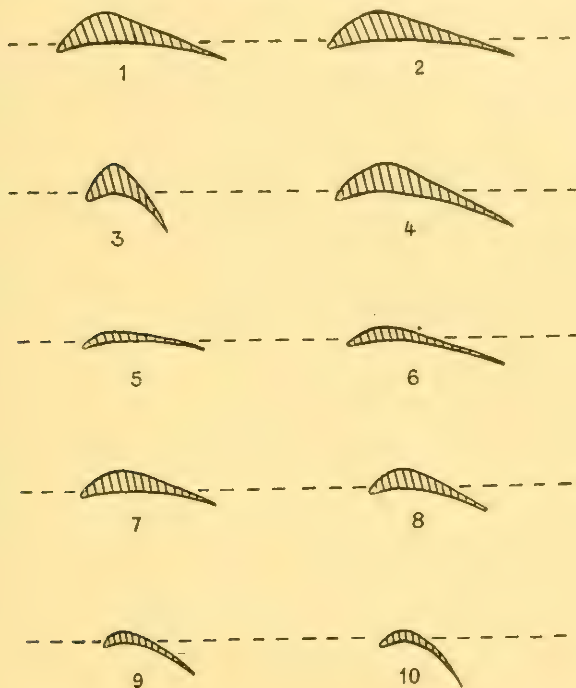


Fig. 21. — Sections schématiques d'ailes d'oiseaux montrant leur largeur et leur épaisseur relatives, ainsi que leur courbure suivant le genre de vol.

1. Gypaète barbu, *Gypaëtus barbatus grandis*, Storr. (Rapace voilier). — 2. Grand-Duc ordinaire, *Bubo bubo* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur). — 3. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L. (Palmipède voilier). — 4. Héron cendré, *Ardea cinerea* (L.) (Échassier ramo-planeur). — 5. Martinet noir, *Apus apus* (L.) (Passereau ramo-planeur). — 6. Bruant jaune, *Emberiza citrinella* L. (Passereau rameur). — 7. Pigeon ramier, *Columba palumbus* L. (Colombin rameur). — 8 Petit Coq de bruyères, *Lyrurus tetrix* (L.) (Gallinacé rameur). — 9. Fuligule milouinan, *Nyroca marila* (L.) (Palmipède nageur rameur). — 10. Grèbe jougris, *Colymbus griseigena*, Bodd (Palmipède plongeur rameur).

bas et font avec le premier plan un angle plus ou moins accentué, d'autant moins obtus que l'on se rapproche du corps. Pour la généralité des Oiseaux, cet angle est très grand, comme on le voit par l'examen de la figure 21 et du tableau suivant.

	Angle formé par les rémiges avec le plan antérieur de l'aile au milieu de l'avant-bras.
1° OISEAUX VOLANT DANS LES GRANDS COURANTS D'AIR.	
Diomedea exulans L. (Albatros)	125°
Fregata aquila (L.) (Frégate)	125°
Colymbus ruficollis Pall. (Grèbe castagneux)	126°
Puffinus puffinus (Brünn.) (Puffin des Anglais)	128°
Puffinus kuhli. Boie. (Puffin cendré)	129°
Colymbus griseigena Bodd. (Grèbe jougris)	129°
Sula bassana (L.) (Fou de Bassan)	130°
Larus argentatus Pont. (Goéland argenté)	130°
Larus marinus L. (Goéland marin)	135°
Gavia arctica (L.) (Plongeon lumme)	136°
Nyroca marila (L.) (Filugule milouinan)	137°
Limosa lapponica (L.) (Barge rousse)	138°
Calidris leucophæa (Pall.) (Sanderling des sables)	140°
Phalacrocorax carbo (L.) (Cormoran)	140°
Sterna hirundo L. (Sterne Pierre Garin)	140°
Recurvirostra avocetta L. (Avocette)	140°
Platalea leucorodia L. (Spatule)	141°
Megalornis grus (L.) (Grue cendrée)	148°
2° OISEAUX VOLANT AU-DESSUS DES TERRES.	
Lyrurus tetrix (L.) (Tétras lyre)	148°
Carduelis carduelis (L.) (Chardonneret)	148°
Pica pica (L.) (Pie)	150°
Falco peregrinus Tunst. (Faucon pèlerin)	150°
Emberiza cirlus L. (Bruant zizi)	150°
Tichodroma muraria (L.) (Tichodrome)	150°
Turtur turtur (L.) (Tourterelle)	150°
Lagopus mutus (Mart.) (Lagopède muet)	150°
Burhinus œdicnemus (L.) (Œdicnème criard)	150°
Circus cyaneus (L.) (Buzard Saint-Martin)	151°
Lanius excubitor L. (Pie-Grièche grise)	152°
Otus scops (L.) (Petit-Duc)	152°
Coccothraustes coccothraustes (L.) (Gros-Bec)	154°
Dryobates minor hortorum (Brehm). (Pic-Épeichette)	155°
Colœus monedula spermologus (Vieill.) (Choucas)	155°
Jynx torquilla L. (Torcol)	155°
Circus æruginosus (L.) (Buzard harpaye)	155°
Acrocephalus schœnobænus (L.) (Phragmite des joncs)	155°
Hieraëtus fasciatus (Vieill.) (Aigle de Bonelli)	156°
Caprimulgus europæus L. (Engoulevent)	158°
Otis tetrax L. (Outarde canepetière)	158°
Upupa epops L. (Huppe)	158°
Circus pygargus (L.) (Buzard cendré)	159°
Gypaëtus barbatus grandis Storr. (Gypaète)	159°
Columba œnas L. (Colombin)	159°
Falco subbuteo L. (Hobereau)	160°
Acrocephalus cirpaceus Herm. (Rousserolle effarvate)	160°
Sylvia atricapilla (L.) (Fauvette à tête noire)	160°
Coturnix coturnix (L.) (Caille)	160°
Strix aluco L. (Hulotte)	160°
Milvus milvus (L.) (Milan)	160°

	Angle formé par les rémiges avec le plan antérieur de l'aile au milieu de l'avant-bras.
Troglodytes troglodytes (L.) (Troglodyte).........	161°
Apus apus (L.) (Martinet)........................	162°
Oriolus oriolus (L.) (Loriot).....................	162°
Bubo bubo (L.) (Grand-Duc).....................	162°
Cuculus canorus L. (Coucou).....................	162°

Au contraire, pour les espèces aquatiques qui vivent dans les grands courants d'air, l'angle est beaucoup plus petit, toujours inférieur, d'après mes propres recherches, à 140°. Chez les grands voiliers, comme l'Albatros, la Frégate, le Fou, cet angle est tout près de l'articulation du coude de 120°, ce qui fait qu'à cet endroit l'aile paraît très arquée vers le bas et présente, étant donnée son étroitesse, la forme d'une gouttière sur laquelle le vent a une action très efficace.

Cet angle est plus obtus, à mesure que l'on se rapproche de la pointe de l'aile. J'ai recherché quelle était, en plusieurs points, la flèche de l'aile du Fou de Bassan, c'est-à-dire la plus grande distance qui sépare la corde de l'aile de sa surface ventrale, la corde étant ici, comme dans les avions, la droite qui joint les extrémités de la courbe de profil que l'on obtient en coupant l'aile par un plan parallèle à l'axe longitudinal de l'Oiseau. Voici les chiffres que j'ai trouvés :

	Flèche.	Longueur de la corde.	Rapport de la flèche à la longueur de la corde.
1. A 18cm de la pointe de l'aile........	0cm,4	9cm,0	0,04
2. A 30cm — —	0cm,85	12cm,8	0,06
3. A 48cm — — (carpe).	2cm,7	14cm,5	0,18
4. A 58cm — —	3cm,2	15cm,0	0,21
5. A l'articulation du coude...........	3cm,5	15cm,5	0,22

Il résulte de ces chiffres que l'aile est à peine concave en dessous dans la région du fouet. Sa courbure se précise à mesure qu'on se rapproche du carpe et devient de plus en plus forte aussitôt qu'on s'éloigne de cette articulation vers le corps de l'Oiseau; on peut faire la même constatation, d'ailleurs, chez tous les Oiseaux, et cela quelle que soit l'importance de la courbure de l'aile.

	Épaisseur de l'aile rapportée à la racine cubique du poids	
	à l'articulation du coude.	à l'articulation de la main.
Rapaces diurnes voiliers.		
Gyps fulvus (Habl.) (Aigle fauve)	0,38	0,25
Circus pygargus (L.) (Buzard cendré)	0,37	0,26
Buteo buteo (L.) (Buse)	0,30	0,20
Palmipèdes voiliers.		
Diomedea exulans L. (Albatros)	0,39	0,26
Fregata aquila (L.) (Frégate)	0,38	0,25
Sula bassana (L.) (Fou de Bassan)	0,30	0,24
Rapaces nocturnes ramo-planeurs.		
Bubo bubo (L.) (Grand-Duc)	0,37	0,26
Strix aluco L. (Hulotte)	0,31	0,25
Tyto alba (L.) (Effraye)	0,28	0,20
Échassiers ramo-planeurs.		
Ardea cinerea (L.) (Héron cendré)	0,36	0,30
Rapaces diurnes ramo-planeurs.		
Accipiter gentilis (L.) (Autour)	0,30	0,25
Falco tinnunculus L. (Crécerelle)	0,25	0,17
Colombins rameurs.		
Columba palumbus L. (Ramier)	0,32	0,22
Corvidés ramo-planeurs.		
Trypanocorax frugilegus (L.) (Freux)	0,30	0,20
Échassiers rameurs.		
Machetes pugnax (L.) (Combattant)	0,25	0,15
Numenius arquatus (L.) (Courlis cendré)	0,22	0,15
Passereaux rameurs.		
Chloris chloris (L.) (Verdier)	0,23	0,16
Turdus pilaris L. (Grive litorne)	0,22	0,12
Alcedo ispida L. (Martin-Pêcheur)	0,20	0,10
Emberiza citrinella L. (Bruant jaune)	0,19	0,08
Gallinacés rameurs.		
Tetrao urogallus L. (Coq de bruyères)	0,24	0,15
Perdix perdix (L.) (Perdrix grise)	0,22	0,17
Lyrurus tetrix (L.) (Tétras lyre)	0,18	0,12
Lagopus scoticus Lath. (Grouse)	0,18	0,15
Passereaux ramo-planeurs.		
Apus apus (L.) (Martinet)	0,18	0,12
Passereaux vibrateurs.		
Eupherusa eximia (Del.) (Oiseau-Mouche)	0,15	0,12
Palmipèdes rameurs.		
Cygnus cygnus (L.) (Cygne sauvage)	0,18	0,12
Anas platyrhynchus L. (Canard sauvage)	0,15	0,10
Colymbus griseigena Bodd. (Grèbe jougris)	0,12	0,07
Nyroca marila (L.) (Fuligule milouinan)	0,12	0,07
Mergus serrator L. (Harle huppé)	0,12	0,09
Gavia arctica (L.) (Plongeon lumme)	0,10	0,09
Querquedula crecca (L.) (Sarcelle d'hiver)	0,10	0,09

Les ailes des Oiseaux offrent, en outre, une épaisseur variable suivant les groupes, et, par conséquent, les modes de vol. En section, une aile montre à la partie moyenne de l'éventail un bord antérieur arrondi, une courbure inférieure concave et une courbure supérieure qui s'élève d'abord assez rapidement pour se rabattre suivant un arc plus allongé, après avoir fait un angle plus ou moins important. A ce point, se trouve la plus grande épaisseur, le maître-couple, qui est plus élevé au niveau du coude qu'au niveau de l'articulation de la main, comme l'indiquent les chiffres de la page 240.

L'aile a de ce fait une conformation particulière ; elle diminue d'épaisseur depuis son point d'attache jusqu'à son extrémité et aussi depuis son maître-couple jusqu'à son bord de fuite, où elle est mince.

L'examen de ce tableau prouve que les voiliers ont l'aile très épaisse, comparativement aux autres Oiseaux. L'aile se révèle la plus épaisse chez l'Albatros. Par contre, celle-ci est la plus mince chez les Gallinacés et chez les Palmipèdes rameurs, qui possèdent cependant une aile lourde, comme je l'ai indiqué. L'examen de la planche XI apporte l'explication de ce paradoxe. L'aile reste mince chez les Gallinacés, parce que, comme chez la plupart des Palmipèdes nageurs d'ailleurs, les muscles des bras sont aplatis dans le plan horizontal antéro-postérieur de l'aile. La figure 21 montre, d'une manière très saisissante, comment se présente la section de l'aile suivant les principaux groupes d'Oiseaux, alors que les planches II et III font voir très nettement, en même temps que la diversité d'épaisseur des ailes, comment est conformé le bord antérieur de ces ailes suivant les groupes.

Les ailes des Oiseaux sont susceptibles en outre de subir des déformations particulières au cours du vol.

Pettigrew (*79*) a signalé que la marge antérieure ou épaisse de l'aile et la postérieure ou mince forment différentes courbes semblables à tous égards à celles faites par le corps du Poisson nageant. Ces courbes peuvent être divisées, pour la clarté, en courbes axillaires et digitales, les premières se présentant vers la racine de l'aile, les dernières vers son extrémité. Les courbes (axillaires et digitales) qui se trouvent sur la marge

antérieure de l'aile sont toujours les inverses de celles qu'on rencontre sur la marge postérieure, c'est-à-dire que la convexité de la courbe axillaire antérieure est dirigée vers le bas, celle de la courbe axillaire postérieure est dirigée vers le haut, et de même des courbes digitales antérieure et postérieure. Les deux courbes axillaires et digitales que l'on rencontre sur la marge antérieure de l'aile sont de même antagonistes, la convexité de l'axillaire étant toujours dirigée vers le bas lorsque la convexité de la digitale est dirigée vers le haut, et *vice versa*. La même chose est vraie des courbes axillaires et digitales se présentant à la marge postérieure de l'aile. Les courbes axillaires et digitales se renversent complètement pendant les actes d'extension et de flexion ; il en est de même courbes postérieures axillaires et digitales.

Amans (2) a publié des conclusions très justes sur la forme des ailes qu'il a dénommées *zooptères*. De ces travaux, la synthèse est la palette zooptère qu'il définit ainsi :

« J'appelle hélice zooptère une hélice propulsive basée sur la géométrie des palettes propulsives animales. A première vue, les traits distinctifs sont : un bord antérieur épais, convexe en avant ; un périmètre triangulaire curviligne, trois ou quatre fois plus long que large, le maximum de largeur étant proximal et non distal, comme dans les hélices généralement employées ; l'épaisseur de la palette va en diminuant d'avant en arrière, et du proximum au distum ; la surface est concave-convexe (c'est la face qui attaque le fluide qui est concave) ; cette palette est tordue, mais en sens inverse de l'hélice géométrique; dans celle-ci, l'angle des sections de profil avec l'équateur diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'axe, tandis qu'il augmente dans les palettes zooptères ; cet angle est, en outre, immuable dans une hélice géométrique d'un pas donné, tandis qu'il est mobile dans la zooptère, en vertu de son élasticité.

« En examinant la zooptère de plus près, on voit que la concavité diminue de la base vers la pointe, la palette étant presque plane dans la région postéro-distale ; la charpente de l'aile est formée par des nervures divergentes à double courbure ; la surface elle-même est à double courbure. »

L'étude que j'ai faite sur les Oiseaux et sur leur vol m'a

amené à définir toutes les déformations que subissent les ailes suivant le mode de locomotion.

Au cours du vol battu, les rémiges primaires sont plus ou moins relevées vers le haut par le coup de fouet. La partie distale de l'aile présente donc à ce moment une concavité plus ou moins accentuée dirigée vers le haut. Il en est de même d'ailleurs chez les espèces qui pratiquent le vol à voile, comme

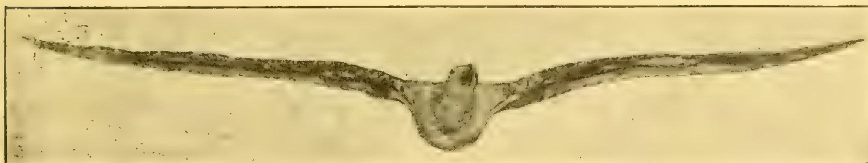


Fig. 22. — Albatros, *Dicmedea exulans* L. vu de face pendant un vol à voile. (Sur cette photogravure se voient très nettement la grande épaisseur des ailes, ainsi que le relèvement des extrémités et de la partie postérieure des ailes.)

le Vautour, l'Aigle, le Fou de Bassan, l'Albatros. L'extrémité des ailes se recourbe vers le haut, comme le montre la figure 22.

L'éventail, par contre, offre une courbure spéciale pendant la locomotion aérienne.

J'ai dit qu'en dehors de toute influence une aile de Palmi-

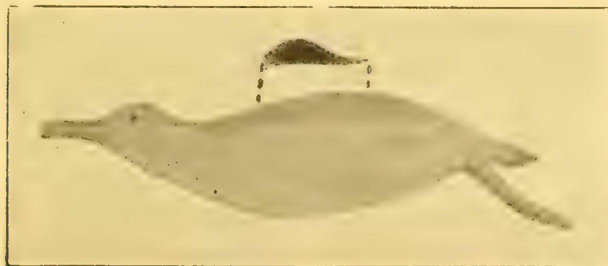


Fig. 23. —Position et forme à double courbure de l'aile (entre l'articulation du coude et celle du carpe) chez un Albatros, *Diomedea exulans* L. en vol à voile.

pède voilier était arquée fortement vers le bas et présentait l'aspect d'une gouttière sur laquelle le vent avait une action très efficace. Mais, dès que l'Oiseau vole à voile, la puissance du vent frappant la partie inférieure de l'aile a pour effet de relever les rémiges. L'aile montre alors une

courbure nouvelle très caractéristique. Sur ses deux tiers antérieurs, elle présente encore une concavité inférieure, sinon très accusée, du moins assez nette. Par contre, le tiers postérieur se relève de manière à offrir une légère concavité tournée vers le haut, comme l'indique la figure 23.

Cette double courbure se retrouve chez tous les Oiseaux au cours du vol, quel qu'il soit ; au cours du planement, comme dans le vol battu. Cette torsion mérite de retenir l'attention. Mais, chez les voiliers, il se produit en outre un phénomène particulier qui a son importance. L'extrémité des rémiges primaires de l'aile, ainsi que la partie postérieure de l'éventail, vibrent de façon continue sous l'action du courant d'air. En effet ces portions de l'aile battent constamment au cours d'un vol à voile, s'élèvent et s'abaissent sans cesse, avec une amplitude et une fréquence qui sont indiscutablement liées aux pulsations rapides secondaires du vent et à sa vitesse momentanée. Ces vibrations, qui jouent un rôle prépondérant dans le vol à voile, sont automatiques et indépendantes de la volonté de l'animal. Des expériences que je poursuis m'ont déjà montré la relation intime qui existe entre les pulsations rapides du vent et les vibrations rapides des extrémités des rémiges primaires et secondaires ; elles m'ont amené aussi à trouver qu'un voilier marin, en particulier, dont l'aile est artificiellement rendue absolument rigide, ne peut pour ainsi dire plus évoluer au milieu des rafales ; il tend à tout instant à être culbuté ; on sent que sa machine ne rend plus comme il faut. Ceci prouve que l'élasticité de l'aile est indispensable pour la pratique du vol à voile, même chez l'Oiseau.

CHAPITRE VII

Les dimensions de la queue.

Son rôle. La longueur, le poids et la surface relative de la queue suivant le mode de vol et le milieu. Le rapport de la surface alaire à la surface caudale. Le Poids des rectrices suivant l'étendue de la queue.

Les dimensions de la queue chez les Oiseaux présentent un gros intérêt à être précisées. La queue a, en effet, chez ces animaux, une importance considérable, et son rôle est multiple. Il est évident que la queue n'est pas toujours un organe de vol ; pour certaines espèces, elle constitue souvent un ornement. Pour d'autres, comme les Bergeronnettes, elle agit aussi comme balancier pendant la marche à terre. Mais, le plus souvent, elle sert surtout de gouvernail pendant le vol. C'est, en même temps, un appareil d'équilibrage pendant l'avancée dans les airs et un appareil de freinage à l'atterrissage. Sa forme est, en général, celle d'un segment de cercle, dont la pointe est placée au point d'insertion des rectrices et dont la courbure extérieure est plus ou moins forte. Quelques espèces possèdent cependant une queue bifurquée, qui est toujours en mouvement en raison des virages incessants qu'exécutent ces Oiseaux. Ces mouvements sont la cause de la transformation constatée dans la forme de cette queue qu'on rencontre chez le Milan royal, le Naucler, le Martinet, la Sterne-Hirondelle, la Frégate, etc., pratiquant un vol à évolutions nombreuses et rapides.

Borelli (*12*) a soutenu que la queue n'avait de mouvement que de haut en bas et de bas en haut, mais son opinion n'a pas été acceptée.

Barthez (*7*) a bien démontré que la queue des Oiseaux se meut dans tous les sens, comme d'ailleurs le fait voir l'étude de ses muscles.

Alix (*1*) a pensé de même que la queue peut étaler ses

plumes ou les resserrer dans un moindre espace. Elle peut s'élever, s'abaisser, s'incliner à droite et à gauche, se tordre sur son axe. En se relevant, elle redresse la partie antérieure du corps; en s'abaissant, elle le fait incliner en bas ; en se portant à droite, elle fait tourner le corps à droite, et c'est le contraire si elle s'incline à gauche ; en se tordant sur son axe, elle concourt au maintien de l'équilibre, soit qu'elle contrarie ou favorise le roulement du corps sur son axe longitudinal.

Elle joue donc bien, dit-il, comme le voulait Aristote, le rôle d'un gouvernail, mais c'est un gouvernail qui se meut dans tous les sens, tandis que le gouvernail d'un navire ne va que d'un côté à l'autre.

D'Esterno (*21*) a affirmé que, dans le vol à voile, elle est constamment élargie dans toute son étendue, tandis que, dans le vol ramé, elle serait toujours pliée, sauf au départ, à l'arrivée et dans les mouvements tournants, ce qui est exact. Si l'Oiseau vole contre le vent, dit encore cet auteur, elle agit de la même manière que dans le vol ramé, se relevant pour que l'avant du corps se porte en bas, s'abaissant pour que l'avant du corps se porte en haut, s'inclinant à gauche pour que l'avant du corps se porte à droite, et réciproquement, devenant oblique en se tordant pour empêcher ou favoriser au besoin le roulement du corps sur son axe longitudinal. Si l'Oiseau vole vent arrière, elle se relève pour que l'avant du corps se relève; elle concourt aussi à pousser l'Oiseau en avant. Tout ceci est manifestement inexact; en particulier, jamais un Oiseau, d'après mes observations, n'est poussé par le vent qui lui vient de l'arrière.

Mouillard (*71*), de son côté, a considéré que l'étude de la queue ne peut donner que des indications trop vagues pour être utilisées. Il considérait que cet organe est souvent un ornement, qu'il est fréquemment rudimentaire chez beaucoup d'Oiseaux très fins voiliers, qu'il grandit souvent ou diminue sans cause apparente.

Richet (*81*) a trouvé que la moyenne du rapport de la queue aux ailes, résultant d'ailleurs de chiffres très peu homogènes, est de 6,8, chiffre qui, selon lui, indique à peu près quelle

doit être la surface relative de la queue envisagée uniquement comme gouvernail chez les grands et petits Oiseaux.

De l'étude approfondie que j'ai faite des dimensions de la queue des Oiseaux, j'ai pu retirer des enseignements utiles. J'ai pesé les rectrices, mesuré la longueur et calculé la surface de cette queue en étalant celle-ci au maximum et en ayant soin que les plumes restent imbriquées comme dans la nature. J'ai rapporté ces données au poids, à la longueur ou à la surface du corps pour avoir des chiffres comparables. J'ai établi aussi le rapport qui existe entre la surface alaire et la surface caudale.

Tous ces chiffres sont contenus dans les grands tableaux annexés à ce chapitre (p. 250 à 255).

Comme je n'ai étudié que des individus dont la queue ne joue aucun rôle ornemental, les rapports moyens suivants gardent tout leur intérêt au point de vue du vol.

		Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface de la queue à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
		Gr.					
A.	Passereaux vibrateurs	2,85	2,3	2,5	10,5	5,8	1,3
	Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	2,5	2,2	11	6,5	2,8
	Colombins rameurs	326,3	1,9	2,7	8,5	4,2	3,1
	Corvidés ramo-planeurs	272	2,4	2,5	8,2	6	3,1
	Passereaux rameurs à vol soutenu	33,1	2,3	2,5	6,6	4,4	3,3
	— ramo-planeurs	46,7	2,7	2,1	8,8	5,7	3,4
	— rameurs à vol peu soutenu	23,9	2,3	2,5	5,9	4,2	3,5
	Gallinacés rameurs	864,	1,4	3,5	2,8	2,2	4,3
	Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	2,5	2,4	9,5	7,2	4,4
	— nocturnes ramo-planeurs	466,4	2	2,5	5,2	4,1	5,5
	Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	1,2	4,	1,8	1,8	6,8
B.	Passereaux plongeurs rameurs	36,4	1,1	5	1,6	1,8	5,4
	Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	1,8	3,4	3,8	2,9	5,9
	Échassiers rameurs riverains	176,9	1,3	4,2	2,2	2	6,2
	Palmipèdes voiliers	2 552,7	1,8	3,5	4,5	2,3	8
	— nageurs rameurs	1 380	0,9	5,7	1,4	1,1	8,6
	Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	1,3	5,1	2,2	2,3	9,9
	Palmipèdes plongeurs rameurs	820,9	0,8	6,7	1,2	0,7	11,1
	Échassiers plongeurs rameurs	260	0,9	6	0,9	1	12,3

On voit de suite, par l'examen de ce tableau, qu'il existe deux séries d'Oiseaux très distinctes :

1° La série A formée par les espèces volant au-dessus des terres, chez lesquelles les divers rapports concernant la queue sont, quoique variables, toujours assez grands. Dans ces groupes, au contraire, le rapport de la surface alaire à la surface caudale est assez petit. Il apparaît aussi que la longueur de la queue est liée à l'envergure. Grande chez les Oiseaux à ailes allongées, la queue se réduit le plus souvent chez ceux qui sont à ailes courtes. C'est pour cette raison que les Gallinacés possèdent une queue relativement peu développée.

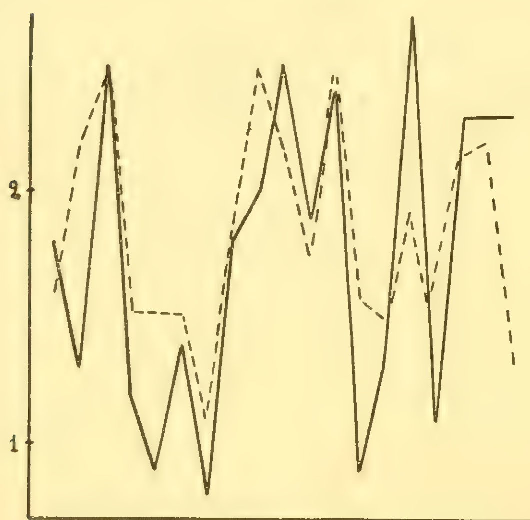


Fig. 24. — Courbes de la variation de la largeur alaire et de la longueur caudale relatives suivant les groupes d'Oiseaux.
——— Longueur de la queue.
— — — Largeur de l'aile.

2° La série B, constituée par les Oiseaux habitués à voler dans les régions aquatiques, et qui ont à supporter l'action des grandes courants d'air, chez lesquels la queue est petite, alors que le rapport de la surface alaire à la surface caudale est très grand.

Or c'est aussi de cette façon que se classent dans l'ensemble les groupes quand on étudie l'acuité de l'aile. Les planches IV à X de cet ouvrage mettent d'ailleurs ces résultats très en évidence. De plus, si l'on construit un graphique en classant les groupes par poids décroissants et en portant sur les ordonnées les quantités relatives de largeur alaire et de longueur caudale, on aperçoit immédiatement la relation qui existe entre l'acuité de l'aile et la longueur de la queue (fig. 24).

Par conséquent, chez les Oiseaux qui vivent dans les ré-

gions très ventilées, en même temps que l'aile est étroite, la queue est courte, et il paraît bien qu'il ne peut en être autrement, car, dès qu'un Oiseau à ailes larges et à queue longue est pris dans un vent violent, il est bousculé, roulé, alors que les Puffins cendrés, avec des ailes étroites et une courte queue, évoluent par les tempêtes les plus violentes.

J'ai publié ces faits, en collaboration avec HOUSSAY, au début de 1912 (*29*), et je puis dire avoir été le premier à les observer ; MOUILLARD (*72*) a, de son côté, fait des constatations identiques, mais ses observations inédites n'ont paru qu'à la fin de 1912 dans une publication posthume. Cet auteur a en outre affirmé que les Oiseaux sans queue avaient tous l'avant-bras très long. Cela est vrai, si l'on veut, pour certains Palmipèdes voiliers ; cela est moins exact en ce qui concerne l'Albatros et le Fou de Bassan en tout cas ; cela ne l'est plus pour les Palmipèdes rameurs. Par contre, les Rapaces voiliers ont un très long avant-bras et une très longue queue.

Les résultats que j'ai obtenus amènent donc à considérer qu'une machine volante construite sur le modèle d'un Rapace voilier devrait, à certains moments du vol et pour l'atterrissage, en particulier, disposer d'une surface caudale de $2^{mq},50$ pour une surface portante de 10 mètres carrés. Un appareil conçu pour voler au-dessus de la mer, à la manière des Palmipèdes voiliers, devrait, par contre, être pourvu d'une surface caudale bien moins importante, celle-ci étant de $1^{mq},4$ pour une surface de 10 mètres carrés.

Il y a, en outre, quelques remarques à faire au sujet de la queue chez les Oiseaux. Dans l'ensemble, les longueurs, poids et surfaces relatives se classent de façon presque identique. Le classement reste le même si l'on compare la longueur de la queue non plus à la racine cubique du poids, mais à la longueur réelle du corps.

Les Rapaces voiliers, par exemple, qui ont la plus grande surface alaire, ont aussi une des plus grandes longueurs, un grand poids et une plus grande surface relative de la queue.

Leur surface caudale est même plus grande que celle des Oiseaux des autres groupes, et il n'est pas sans intérêt de mettre ce fait en évidence. En effet, dans le vol à voile, la

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
I. Rapaces diurnes voiliers.							
Gyps fulvus (Habl.)	7 269	1,6	3,5	5	3,8	239	6,6
Gypaëtus barbatus grandis (Storr.)	5 385	2,7	2,2	9,8	6,3	272	3,8
Catharista atrata (Bartr.)	1 702	1,6	3,1	4,2	3,4	131	5,5
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	2,4	2,4	9,9	5,8	264	3,9
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)	2 060	2	2,4	9,7	4,7	262	4,1
Helotarsus ecaudatus (Daud.)	2 095	1	4,1	2	1,6	158	13,7
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	2,1	2,6	7,6	4,8	203	4,7
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	2,2	2,6	8	6,3	150	4,6
Buteo buteo (L.)	1 027	2,3	2,3	9,7	5,9	166	4,4
Pernis apivorus (L.)	615	2,6	2,3	10	7,3	116	3,5
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	2,2	2,7	11,7	6	202	4,3
Circus æruginosus (L.)	680	2,8	2,2	7,7	9	75	3,2
— *cyaneus* (L.) ♀	471,50	3,3	2	12,3	12	79	2,4
— *cyaneus* (L.) ♂	331	3,2	2	12	8,9	91	3,2
— *pygargus* (L.)	236,50	3,5	2	15,8	13,7	71	2,4
— *macrurus* (Gmel.)	386	3,5	1,9	12,1	13	70	2,1
Milvus milvus (L.)	927	3,7	1,8	15,6	8,8	173	3,5
II. Palmipèdes voiliers.							
Diomedea exulans (L.)	8 502	1	5,8	2,6	1,1	291	15
Fregata aquila (L.)	1 620	3,2	2,3	11,2	3	330	5,9
Sula bassana (L.)	2 690	1,6	4	2,2	1,4	212	8,6
Puffinus kuhli (Boie.)	572	1,6	3,6	3,4	2,3	121	7,9
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	2	2,5	4,1	3,4	31	4,3
Larus marinus (L.)	1 915	1,6	3,4	3,8	2,6	201	6,3
III. Échassiers ramo-planeurs.							
Ardea cinerea (L.)	1 408	1,3	5,7	2,6	2,6	114	10,8
Egretta alba (L.)	1 178	1,4	5,9	2,7	2,5	114	10,1
Botaurus stellaris (L.)	1 198	1,1	5,9	0,7	1,3	61	18,3
Nycticorax nycticorax (L.)	512	1,3	5,3	1,6	2	65	12,1
Platalea leucorodia (L.)	1 565	1,1	5,9	1,7	1,5	129	6,1
Ciconia ciconia (L.)	3 438	1,4	4,7	1,8	2,4	110	8,7
Megalornis grus (L.)	4 175	1,3	5,1	1,5	2,2	111	9,7
Leptoptilus crumeniferus (Less.)	7 030	1,4	4,8	3,2	2,5	245	8,6
Vanellus vanellus (L.)	211	1,7	3,2	4,2	3,9	64	4,8
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.							
Bubo bubo (L.)	1 720	2,2	2,4	6	5	144	2,3
Asio otus (L.)	247	2,4	2,2	8	4,3	119	6,4
— *flammeus* (Pont.)	390	2,1	2,5	4,6	4,6	65	5,1
Otus scops (L.)	49,75	1,9	2,8	4	3,7	39	7,9
Tyto alba (L.)	279	1,8	2,7	4,3	3,6	76	7,3
Strix aluco (L.)	418	2,3	2,3	5	4,9	77	4,8
Athene noctua (Scop.)	161,50	1,6	2,7	4,9	2,8	93	5,3

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
V. RAPACES DIURNES RAMO-PLANEURS.							
Accipiter gentilis (L.)	708	2,6	2,1	11,8	6,5	150	2,5
— *nisus* (L.) ♀	221	3	2	12,1	9,4	77	2,3
— *nisus* (L.) ♂	136	2,9	2,1	13	8,7	77	2,2
Polyborus tharus (Mol.)	1 209	2	2,5	9,8	4,8	217	4,2
Falco tinnunculus (L.) ♀	245	2,6	2,1	10,6	5,3	125	3,2
— *tinnunculus* (L.) ♂	172	3	2	13,9	7,4	104	3
— *peregrinus* (Tunst.)	813	1,8	2,6	8,7	4,8	169	3
— *subbuteo* (L.)	165	2,3	2,3	10	6,1	89	3
— *columbarius regulus* (Pall.)	145	2,3	2,3	9,6	6	83	2,6
VI. CORVIDÉS RAMO-PLANEURS.							
Corvus corone (L.)	470	2,1	2,7	5,8	4,8	85	3,6
— *cornix* (L.)	633	2,3	2,5	6,3	4,6	115	3,8
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	2,3	2,6	7,2	6,8	82	3,3
Colœus monedula spermogolus (Vieill.)	253	2,1	2,5	5,5	4,8	72	3,4
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	2	2,8	5,6	4,7	87	3,7
Graculus graculus (L.)	223	3	2,2	13,2	9,6	82	2,7
Nucifraga caryocatactes (L.)	161	2,1	2,8	5,2	5,4	52	3,2
Coracias garrulus (L.)	128	2,3	2,5	13,6	4,2	163	4,5
Pica pica (L.)	214	4	1,9	7,9	7,5	59	2,2
Garrulus glandarius (L.)	160	2,9	2,3	8,4	9	46	1,9
Upupa epops (L.)	91	2,4	2,6	13,7	5,9	103	1,8
Xanthoura yncas (Bodd.)	71,30	2	2,9	6,1	5,4	48	3,4
VII. PASSEREAUX RAMO-PLANEURS.							
Cuculus canorus (L.)	104	3,6	1,9	20	8,9	109	2,1
Caprimulgus europæus (L.)	92	2,7	2,1	8,6	8,3	47	2,3
Apus apus (L.)	36,20	2,5	2,2	5,5	3,8	47	3,9
Chelidon rustica (L.)	18,35	3	1,9	7,3	4,8	40	4
Hirundo urbica (L.)	14,35	2,6	2,2	6,2	4,5	33	3,4
Riparia rupestris (Scop)	15,50	2,2	2,5	5,5	4	34	4,7
VIII. PALMIPÈDES RAMO-PLANEURS.							
Phalacrocorax carbo (L.)	2 115	1,9	4	3,2	2,2	186	5,3
Puffinus puffinus (Brünn.)	342	1	4,7	2,4	1,4	119	8,1
Larus argentatus (Pontopp.)	1 189	1,7	3,3	3,9	2,4	143	6,2
— *canus* (L.)	367	1,8	3,1	4	3,9	74	5,8
Rissa tridactyla (L.)	488	1,6	3,2	3,4	3,3	81	4,4
Larus ridibundus (L.)	261	2	3,5	4,2	3,1	85	6,4
Sterna hirundo (L.)	118	3,1	2,5	5,8	4	70	5,7
IX. PASSEREAUX RAMEURS A VOL SOUTENU.							
Muscicapa striata (Pallas.)	14,35	2,5	2,4	8,3	6	34	3,4
Ficedula hypoleuca (Pallas.)	12,50	2,2	2,6	6,4	5	30	3,4
Alauda arvensis (L.)	28,30	1,9	2,8	9,1	2,9	91	5,9

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
Anthus pratensis (L.)	18	2,6	2,6	5,5	3,7	38	3,8
— *trivialis* (L.)	20,70	2,4	2,6	8	5	42	3,5
Motacilla alba (L.)	22	3,2	2,1	8,3	7,1	32	2,3
— *flava* (L.)	16,50	2,9	2,2	10,1	6,2	42	2,5
— *cinerea* (Tunstall.)	16	4,1	1,9	9,3	7,5	31	2
Lanius excubitor (L.)	50,50	2,8	2,3	11,4	6,4	65	2,3
— *senator* (L.)	26,10	2,7	2,3	9,5	4,7	59	2,7
— *collurio* (L.)	30,95	2,3	2,4	5,7	5	36	2,3
Luscinia megarhyncha (Brehm.)	17,10	2,5	2,4	5,8	5,4	27	2,6
Erythacus rubecula (L.)	17,75	2,2	2,5	8,4	4,4	50	2,9
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	2,5	2,3	9,9	5,6	41	2,9
— *ochrurus gibraltariensis* (Gmel.)	16,95	2,5	2,4	7	6,6	27	2,8
Pratincola rubetra (L.)	13,05	2,1	2,8	5,5	3,5	35	5
— *rubicola* (L.)	11,45	2,6	2,6	6,1	3,6	38	4,2
Phylloscopus bonellii (Vieil.)	7,65	2,3	2,6	6,5	5,2	25	3,1
— *rufus* (Bechst.)	5,25	2,5	2,7	11,4	5	38	3,1
Oriolus oriolus (L.)	72	2	2,9	4,8	4,7	42	3,3
Monticola solitarius (L.)	62,80	2,1	2,8	5,2	5,2	40	2,7
— *saxatilis* (L.)	47,50	1,8	2,9	3	2,8	40	4,4
Turdus merula (L.)	91,50	2,3	2,5	6,5	5,1	57	2,4
— *naumanni* (Temm.)	76,20	2,3	2,5	5,2	4,9	45	2,5
— *viscivorus* (L.)	106	2,4	2,4	7,5	4,4	81	3,1
— *pilaris* (L.)	98	2,2	2,5	3	3,3	42	3,1
— *musicus* (L.)	70,30	1,8	2,8	2,9	3	40	3,6
— *iliacus* (L.)	56	2,2	2,7	4,8	4,7	38	2,5
— *torquatus* (L.)	96,50	2,3	2,6	6	4,2	63	2,5
Sturnus vulgaris (L.)	79,50	1,4	3,6	2,8	2,1	51	4,8
Loxia curvirostra (L.)	47,60	1,8	2,6	3,3	2,8	43	4,5
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	1,5	3,3	3,3	1,9	50	5,1
Pyrrhula pyrrhula europæa (Vieillot.)	21,40	2,2	2,4	7,9	3,5	62	3,5
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	2,3	2,4	5,9	4,3	27	4
Chloris chloris (L.)	23,70	2	2,6	3,7	2,9	37	4,1
Fringilla cælebs (L.)	21,15	2,5	2,4	7	5,9	33	2,2
— *montifringilla* (L.)	25,10	2,2	2,5	5,1	4,5	32	3,1
Passer domestica (L.)	30	1,7	2,9	4,6	3,4	42	3
— *montana* (L.)	15,20	2	2,7	6,6	2,9	55	4,2
Petronia petronia (L.)	25	2	2,8	5,5	4,7	30	3
Carduelis carduelis (L.)	16,65	2	2,7	6	3,7	40	3,7
Spinus spinus (L.)	11,80	2	2,6	4,1	3,2	29	4
Acanthis cannabina (L.)	15,80	2,2	2,6	5,3	4	31	3,8
Spinus citrinella (L.)	11,95	2,4	2,3	5,8	3,7	35	3,8
Emberiza citrinella (L.)	25	2,5	2,4	8	5	46	3
— *cirlus* (L.)	23,10	2,3	2,4	6,6	4,3	40	2,9
— *hortulana* (L.)	33	2,1	2,4	4,5	4	36	2,9
— *cia* (L.)	21,40	3	2,1	13,1	6	51	2,7
— *schœniclus* (L.)	20	2,8	2,3	13,5	6	54	3
Regulus regulus (L.)	3,80	2,4	2,4	6,5	3,7	27	3,6

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
X. Passereaux rameurs a vol peu soutenu.							
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.).........	14,30	2	2,8	3,5	3,8	22	3,5
Sylvia atricapilla (L.).....................	16,25	2,5	2,3	6,1	5,3	29	2,6
— *simplex* (Lath.).....................	15,80	2,2	2,5	5	4,7	33	4,7
— *communis* (Lath.)...................	18,65	2,4	2,3	4,8	4,8	26	2,5
Prunella modularis (L.).................	18	2,6	2,8	4,4	3,9	29	2,8
Hypolaïs icterina (Vieill.).................	10,65	2,2	2,7	4,6	4,1	25	4
Acrocephalus cirpaceus (Herm.).............	12,80	2,4	2,6	4,6	5	22	2,4
— *schœnobænus* (L.)...............	10,40	2,1	2,9	4,8	4,5	23	2
Parus major (L.).........................	21,45	2,2	2,3	3,2	3,6	24	3,6
— *cæruleus* (L.)......................	11	2,4	2,3	6,3	4,8	25	2,8
— *cristatus mitratus* (Brehm.)...........	10,20	2,4	2,4	6,7	4,2	33	3,5
— *palustris longirostris* (Kleinsch.).......	10,90	2,3	2,3	6,3	4,6	30	2,7
— *palustris communis* (Kleinsch.).......	11,75	2,6	2,2	6,3	4,2	34	3,2
Ægithalus caudatus (L.)...................	8	4	1,8	8,7	6,2	27	2,3
Gecinus viridis (L.)......................	156	2	2,8	8,8	2,4	191	6,5
Dryobates major pinetorum (Brehm.).........	73	1,9	2,9	8,2	2,9	116	4,6
Dryobates minor hortorum (Brehm.).........	15,50	2,2	2,5	9	4,5	49	3,9
Jynx torquilla (L.).......................	37,30	2	2,7	4	3,6	36	2,8
Certhia brachydactyla (Brehm.)..............	8,50	2,8	2,2	10,5	4,3	50	3,6
Sitta europæa cœsia (Wolf.)................	21,10	1,7	3	4,7	3	43	4,7
Tichodroma muraria (L.)..................	15	2,3	3	6	6,1	24	4,6
Troglodytes troglodytes (L.)................	10,10	1,6	2,9	4,8	2,1	50	4,1
XI. Passereaux vibrateurs.							
Eupherusa eximia (Del.)	2,85	2,3	2,5	10,5	5,8	25	1,3
XII. Échassiers rameurs terrestres.							
Otis tarda (L.)............................	8 950	1,3	3,7	2,5	1,5	360	8,8
— *tetrax* (L.)...........................	830	1,1	4,2	2	1,4	117	7,2
Burhinus œdicnemus (L.)..................	522	1,4	3,6	1,1	2,1	43	5,4
Charadrius apricarius (L.)................	178	1,2	3,8	2,2	1,8	68	5,8
— *morinellus* (L.)................	90	1,5	3,4	2,7	3	41	4,1
Crex crex (L.)............................	155	1	5,2	0,9	1	44	10
Scolopax rusticola (L.)....................	322	1,2	4,3	1,5	2	53	6,3
XIII. Échassiers rameurs riverains.							
Numenius arquatus (L.)...................	768	1,3	4,5	1,9	1,9	93	7,3
Hæmatopus ostralegus (L.).................	438	1,1	4,6	2,3	1,4	33	7,3
Charadrius hiaticula (L.).................	62,20	1,4	3,4	2,4	2,6	36	4,5
Squatarola squatarola (L.).................	216	1,3	3,5	2	2,1	56	5,2
Gallinago gallinago (L.)..................	95,50	1,4	4,9	1,5	1,6	41	6,8
Limnocryptes gallinula (L.)................	57	1,2	4,2	1,7	1,2	54	9,7
Canutus canutus (L.).....................	88	1,3	4,1	2,2	2,3	43	5,8
Erolia alpina (L.)........................	44	1,4	3,9	2,2	2	40	5

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
Arenaria interpres (L.)	107,80	1,3	3,7	2,3	2,6	42	3,6
Calidris leucophæa (Pall.)	41,90	1,4	3,7	3,5	2,1	46	4,9
Machetes pugnax (L.)	180	1,3	4,3	2,7	1,8	83	7,6
Tringa nebularius (Günn.)	156	1,4	4,4	1,6	2,4	35	5,7
Tringa erythropus (Pall.)	133	1,5	4,7	2,2	2,1	53	5,9
— *totanus* (L.)	133	1,3	4,2	1,8	1,9	50	7,3
— *ochrophus* (L.)	72,70	1,5	3,9	2,7	2,6	44	5,4
— *hypoleucus* (L.)	48,50	1,5	3,6	2	1,5	50	7,4
Limosa lapponica (L.)	197	1,3	5,1	2,5	2,4	61	6,4
— *limosa* (L.)	228	1,3	4,8	2,6	2,1	77	6,9
Recurvirostra avocetta (L.)	295	1,3	5,1	2,5	2,3	71	6,5
XIV. COLOMBINS RAMEURS.							
Columba palumbus (L.)	495	2	2,6	14	4,7	236	2,6
— *œnas* (L.)	306	1,7	2,9	5,6	3	142	4,4
Turtur turtur (L.)	178	2	2,6	6,1	5,1	67	2,3
XV. GALLINACÉS RAMEURS.							
Tetrao urogallus (L.) ♂	3 361	1,7	3,3	4,2	3,5	180	1,8
— *urogallus* (L.) ♀	1 890	1,5	3,3	3,9	3,6	136	1,9
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	1,8	2,9	4	2,4	168	3,9
— *tetrix* (L.) ♀	940	1,1	4,3	4,3	1,6	255	5,2
Tetrao medius (Mey.)	1 193	1,9	2,9	4	2,7	152	3,1
Lagopus mutus (Martin.)	462,50	1,4	3	2,2	2,5	69	3,2
lagopus (L.)	620	1,5	3,3	2,5	2,4	86	3,5
— *scoticus* (Lath.)	624	1,3	3,6	2,8	2	118	3,9
Tetrastes bonasia (L.)	278	2	2,8	5,7	4,3	87	2,1
Caccabis rufa (L.)	490	1,2	3,6	1,8	1,7	81	4,7
— *saxatilis* (Mey. et Wolf)	606,50	1	4	1,8	1,1	139	6
Perdix perdix (L.)	387	1,2	3,7	2,3	2	81	3,9
Coturnix coturnix (L.)	83,20	0,9	5	0,8	0,8	44	10,8
Colinus pectoralis (Gould.)	131,50	1	4	1,2	1	59	7,2
Rhynchotus rufescens (Temm.)	821,70	»	»	»	»	»	»
XVI. PALMIPÈDES NAGEURS RAMEURS.							
Cygnus cygnus (L.)	5 925	0,9	8	1,6	2,3	193	6,9
Anser fabalis (Lath.)	3 110	1	5,1	1,2	1,2	147	10,5
— *anser* (L.)	3 065	1	5,5	1,5	1,5	146	8,4
— *albifrons* (Scop.)	1 715	1	5,5	1,5	1,4	132	9,1
Branta bernicla (L.)	1 273	1	5,2	1,4	1,3	124	9,1
— *leucopsis* (Bechst.)	1 150	1	5,3	1,4	1,3	112	8,1
Anas platyrhynchus (L.)	1 105	0,9	5,7	1,4	1,1	125	7,6
Spatula clypeata (L.)	633	1,1	5,3	1,9	1,1	150	7,4
Dafila acuta (L.)	955	1,4	4,5	2,4	1,3	184	6,5
Mareca penelope (L.)	830	1,1	4,2	1,3	1,4	87	5
Querquedula crecca (L.)	293	1	5	1,7	0,9	125	8,5
— *querquedula* (L.)	327	0,9	6	1,9	1	130	8

	Poids du corps.	Rapport de la longueur de la queue à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de la queue.	Poids de la queue par kilo d'animal.	Rapport de la surface caudale à la $\sqrt[3]{P^2}$.	Rapport du poids de la queue à la surface caudale.	Rapport de la surface alaire à la surface caudale.
	Gr.						
Clangula clangula (L.)	622	0,9	5,2	1,7	1	130	6,5
Nyroca nyroca (Güld.)	512	0,8	6,3	1,1	0,9	99	8,8
— *fuligula* (L.)	741	0,6	8	0,6	0,5	117	10,8
— *ferina* (L.)	842	0,6	7,8	0,7	0,5	138	13
— *marila* (L.)	675	0,9	5,8	1,1	0,8	118	9,8
Oidemia nigra (L.)	870	1,1	5	1,3	0,7	171	9,8
— *fusca* (L.)	1 578	0,9	5	1,9	0,7	315	10,6
XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs.							
Mergus serrator (L.)	818	0,9	6,1	1,9	0,9	175	6,9
— *mersanger* (L.)	1 470	1,1	5,3	1,9	1,4	162	4,9
— *albellus* (L.)	495	1	5,1	1,9	1,1	137	6
Columbus cristatus (L.)	790	»	»	»		»	
— *griseigena* (Bodd.)	480		»	»	»	»	
— *ruficollis* (Pall.)	180		»	»	»	»	
Gavia septentrionalis (L.)	957	0,5	10,9	0,7	0,3	197	23,3
Gavia arctica (L.)	1 495	0,8	7,1	0,9	0,4	223	19,8
Alca torda (L.)	780	0,8	5,8	0,9	0,4	192	9,1
Uria troille (L.)	1 010	0,5	8,3	0,4	0,3	138	11,9
Fratercula arctica (L.)	272	1	4,6	1,8	1	107	8,2
Alle alle (L.)	91,20	0,7	7,1	1,2	0,8	66	10,1
XVIII. Échassiers plongeurs rameurs.							
Fulica atra (L.)	578	0,6	7,5	0,4	0,4	89	22
Gallinula chloropus (L.)	265	1	4,8	1,1	1,3	54	6,3
Porzana porzana (L.)	69	1,1	6,4	1,3	1	55	13,3
Rallus aquaticus (L.)	128	1,1	5,3	1,1	1,3	44	7,7
XIX. Passereaux plongeurs rameurs.							
Alcedo ispida (L.)	36,40	1,1	5	1,6	1,8	30	5,4
XX. Oiseaux coureurs ou ne volant pas.							
Rhea americana (L.)	10 555						
Spheniscus demersus (L.)	2 944						

queue contribue pour une grande part, soit comme balancier, soit comme gouvernail, à ce genre de locomotion. Cet organe joue en outre un rôle important dans le vol à voile pratiqué par les rapaces voiliers ; elle constitue chez ces derniers une troisième aile, si je puis m'exprimer ainsi, en ce sens qu'elle est portante. Elle représente une surface qui aide à la sustentation de l'animal pendant qu'il décrit ses orbes et qui assure sa

stabilité longitudinale en même temps. Son ablation a, en effet, pour résultat de déséquilibrer le vol de ces Oiseaux.

Chez les voiliers marins, la surface caudale est beaucoup plus réduite, à cause de l'action violente des grands courants d'air, mais la queue n'en est pas moins un organe des plus importants pour ces Oiseaux, malgré sa réduction. Les observations que j'ai faites m'ont montré le rôle de premier ordre que joue la queue au cours des manœuvres exécutées par les voiliers marins. Constamment étendue, pendant leur vol, elle sert, selon la volonté de l'animal, à provoquer les ascensions ou les descentes planées ; relevée au moment où le vent a sa vitesse qui croît, elle assure la montée de l'Oiseau ; abaissée quand la rafale est à son maximum et va décroître en intensité, elle amène le basculement du corps et la glissade sur les couches d'air.

En outre, et cela vient à l'appui de la distinction que j'ai faite entre les facteurs qui sont la cause de l'étroitesse presque identique des ailes de certains rameurs comme les Hobereaux, les Martinets et les Oiseaux-Mouches et des Oiseaux aquatiques comme les Palmipèdes voiliers, la queue est grande et très développée chez les premiers ; elle est, au contraire, réduite chez les seconds. Cela prouve que c'est bien l'action des courants d'air qui a raccourci l'aile de ces Oiseaux aquatiques en largeur et leur queue en longueur.

Enfin, on se rend compte que les Oiseaux plongeurs possèdent une queue extraordinairement réduite, plus réduite que celle des autres Oiseaux fréquentant les rivages ou les marais, mais ne menant pas la vie aquatique. On sait, comme plusieurs auteurs l'ont établi, que les Poissons ont leur extrémité postérieure effilée. Cet effilement de la partie postérieure de leur carène est la conséquence de l'action tourbillonnaire de l'eau.

J'ai montré que ce modelage par l'eau s'est exercé sur les Oiseaux plongeurs de façon identique, effilant la partie postérieure de leur corps et réduisant les rectrices en longueur et en poids souvent au point de les faire disparaître presque complètement, et cela est aussi vrai chez les Palmipèdes et les Échassiers que chez les Passereaux plongeurs, tels que les Martins-Pêcheurs, dont la longueur relative de la queue

est de 1,1, alors que, chez les autres Passereaux, cette lon-

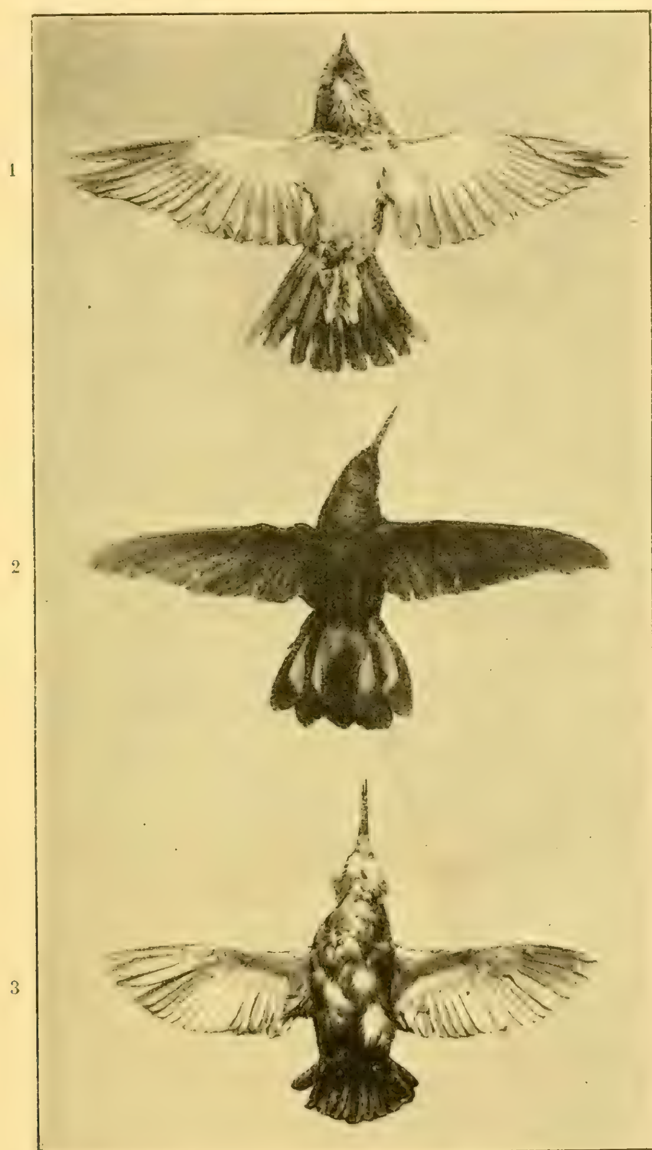


Fig. 25. — La longueur relative de la queue chez les Passereaux suivant les conditions de leur existence.

1. Grive litorne, *Turdus pilaris* (L.) (rameur à vol soutenu). — 2. Oiseau-Mouche, *Euphe-rusa eximia* (Del) (vibrateur). — 3. Martin-Pêcheur, *Alcedo ispida* (L.) (rameur plongeur).

gueur est en moyenne de 2,3, comme le montre la figure 25.

De plus, il semble que certaines queues soient plus lourdes que d'autres.

Pour le démontrer, j'ai cherché quel était le poids de la queue par mètre carré de surface caudale. J'ai multiplié ensuite ces rapports par les coefficients $\sqrt[3]{K}$ qui se trouvent à la page 191, toujours dans les mêmes conditions que pour la détermination de la charge. J'ai obtenu les chiffres suivants :

	Rapport du poids de la queue à la surface caudale (par mq.) $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ Gr.		Rapport du poids de la queue à la surface caudale (par mq.) $\sqrt[3]{K \frac{P}{S}}$ Gr.
Échassiers ramo-planeurs.....	115	Rapaces diurnes voiliers......	176
Échassiers rameurs terrestres..	120	Passereaux rameurs à vol soutenu	178
Passereaux plongeurs rameurs.	123	Passereaux ramo-planeurs....	193
Échassiers rameurs riverains...	128	Palmipèdes voiliers...........	197
Échassiers plongeurs rameurs..	128	Passereaux rameurs à vol peu soutenu	199
Rapaces nocturnes ramo-planeurs.....................	153	Rapaces diurnes ramo-planeurs.	219
Palmipèdes ramo-planeurs....	166	Palmipèdes plongeurs rameurs.	220
Gallinacés rameurs...........	168	Passereaux vibrateurs........	240
Corvidés ramo-planeurs.......	172	Colombins rameurs...........	293
Palmipèdes nageurs rameurs...	175		

Comme les ailes, la queue est lourde ou légère. Cet organe est pesant chez les Oiseaux, lorsque le milieu exerce une action violente sur l'animal qui s'y déplace. C'est ce qui a lieu pour les individus adaptés au milieu aquatique, et qui s'y déplacent en déployant une certaine énergie, comme les Plongeons, les Pingouins, les Guillemots, pour ceux qui vivent dans les grands courants d'air ou qui volent avec une grande vitesse. La queue est pesante aussi chez les espèces arboricoles comme les Pies par exemple. Chez tous ces Oiseaux, la queue a besoin de posséder une certaine résistance. Les volateurs, dont la vitesse de progression, au cours du vol, n'est jamais grande, ont une queue légère. Les Rapaces nocturnes, dont les ailes sont légères, sont pourvus aussi d'une queue légère pour la même raison.

CHAPITRE VIII

Le moteur des Oiseaux.

Le poids des muscles pectoraux. La relation entre le développement des muscles pectoraux et la surface alaire. Le poids des abaisseurs et des releveurs. Son rapport avec la vitesse des coups d'ailes. Le poids des muscles pectoraux par mètre carré de surface portante. La longueur relative des abaisseurs et des releveurs. Le poids du cœur, et ses rapports avec l'effort musculaire. Les dimensions du sternum, du bréchet et de l'os coracoïdien.

Lorsqu'on examine les muscles qui sont utilisés par les Oiseaux pour pratiquer le vol, on y retrouve les dispositions générales des muscles qui s'attachent aux membres antérieurs des Vertébrés. Mais certains d'entre eux, qui jouent un rôle très important dans le mouvement des ailes, apparaissent comme ayant subi un développement anormal : ce sont le grand pectoral, dont l'action consiste à abaisser l'aile, et le petit pectoral, qui sert à la relever.

Jean Ray en 1676 insiste le premier sur le volume des muscles pectoraux des Oiseaux. Il fit même la remarque que, chez l'Homme, ce sont les muscles du membre inférieur qui prédominent, et il en conclut que, si celui-ci voulait voler, ce serait avec ses jambes et non avec ses bras qu'il pourrait y parvenir.

Hartings (*26*) a indiqué, dans son étude sur l'étendue des ailes et le poids des muscles pectoraux chez les Vertébrés volants, que ces muscles pèsent ordinairement le sixième du poids total, alors que la surface alaire est variable.

Tatin (*87*) s'était demandé si les surfaces alaires par kilo d'animal, relativement réduites chez les gros Oiseaux, nécessitent un surcroît de travail musculaire. Il ne le pensait pas, car, pour lui, le poids des muscles employés pendant le vol est toujours, chez les gros comme chez les petits Oiseaux, dans un rapport assez constant avec le poids du corps, d'un sixième en moyenne avec assez peu de variantes, ainsi que l'avaient

trouvé aussi LEGAL et REICHEL (*38*). De plus, les travaux de ces derniers amenaient à penser que la relevée de l'aile peut se faire sans le secours d'aucun effort musculaire. C'est ce que MAREY et TATIN (*87*) ont appelé la relevée passive de l'aile au cours de laquelle les muscles abaisseurs eux-mêmes travailleraient pour ralentir cette remontée, qui, sans cette action modératrice, serait, croyaient-ils, parfois trop brusque.

Il m'a semblé cependant utile de rechercher si les muscles pectoraux, si développés chez les Oiseaux, n'offraient pas des différences de poids suivant les divers genres de vol. Aussi ai-je essayé de pénétrer le problème dans ses détails. Les études que j'ai poursuivies sur le poids des pectoraux m'ont amené à des résultats qui conduisent à des conclusions autres que celles de mes prédécesseurs, comme il ressort de ce tableau :

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatifs des petits pectoraux.
	Gr.			
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	119,7	113	6,7
Palmipèdes voiliers	2 552,7	130,4	122,3	8,1
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	141,7	134,7	7
Corvidés ramo-planeurs	272	142,6	131,5	11
Palmipèdes ramo-planeurs	697,1	143	130,8	12,1
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	168,2	159,9	8,3
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	170,4	155,7	14,6
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	186,2	165,2	21
— ramo-planeurs	46,7	190,4	172,5	17,9
— rameurs à vol soutenu	33,1	195,9	178,6	17,3
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	198,3	177,5	20,7
Échassiers rameurs riverains	176,9	233,1	202,8	30,3
— rameurs terrestres	1 578,1	236,1	206	30,1
Gallinacés rameurs	861,2	259,6	197,5	62,1
Colombins rameurs	326,3	273,2	233,7	39,5
Passereaux vibrateurs	2,85	341	300	41
....	»	»	»	»
Échassiers plongeurs rameurs	260	128,3	111,3	17
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	145,7	124,3	21,4
Passereaux rameurs à vol peu soutenu	23,9	153,8	139,6	14,2
Oiseaux coureurs	10 555	5,7	»	»

On voit de suite que le poids relatif des petits pectoraux varie en somme comme celui des grands pectoraux, mais qu'en outre, de même qu'il y a des groupes plus ou moins bien voilés, il existe des groupes plus ou moins bien musclés, avec cette particularité que ce sont les mieux voilés qui se révèlent les moins musclés. Or on sait, en physiologie, que le travail dont un muscle est capable est proportionnel à son poids. On trouve, en effet, que les muscles sont d'autant plus forts qu'ils sont plus gros, c'est-à-dire qu'ils contiennent un plus grand nombre de fibres.

De l'étude que j'ai effectuée sur la surface alaire et les muscles pectoraux, il ressort que ce sont les Oiseaux voiliers et ramo-planeurs qui, dans l'ensemble, possèdent la plus grande surface portante relative et le plus petit poids relatif de muscles pectoraux. Par contre, les rameurs offrent une petite surface alaire alliée à de gros muscles pectoraux. Le poids relatif de ces derniers varie dans le rapport de 1 à 4 chez les Oiseaux carinatés ; alors que, chez les vrais voiliers, il oscille entre 100 et 130, il dépasse 200 et souvent même 300 chez les rameurs qui, de ce fait, se trouvent avoir un moteur égalant parfois le tiers du poids du corps.

De manière à rendre le phénomène plus intelligible, schématisons dans un graphique les résultats que nous avons obtenus pour ces deux organes. A cet effet, représentons sur la ligne des abscisses, par des points équidistants, nos 19 séries d'Oiseaux rangées par poids décroissants (fig. 26, p. 268). Portons sur les ordonnées élevées en chacun de ces points les quantités moyennes de surface alaire et celles des muscles pectoraux correspondant à chacune de ces séries.

En réunissant les points relatifs à chaque organe par une même ligne, il ressort que surface alaire et muscles pectoraux varient dans l'ensemble en sens inverse, en passant d'un groupe défini par un mode de vol à un autre groupe défini par un autre mode de vol.

J'ai mis en évidence, en 1911, cette relation inverse qui existe entre la puissance du moteur des Oiseaux et la grandeur

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids relatif du cœur.
	Gr.				Par mq.			
I. RAPACES DIURNES VOILIERS.								
Gyps fulvus (Habl.)	7 269	140,2	131,7	8,5	1 390	1,12	0,77	7,9
Gypaëtus barbatus grandis (Storr.).	5 385	141,4	132,7	8,7	1 020	1,10	0,74	7,8
Catharista atrata (Bartr.	1 702	184,4	175,4	9	1 030	1,11	0,78	8,8
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	135,2	128,3	6,9	920	1,03	0,60	7,2
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)	2 060	115,1	108	7,1	740	1,02	0,55	5,9
Helotarsus ecaudatus (Daud.)	2 095	134,6	128,7	5,9	750	1,11	0,74	8,8
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	96,4	91,3	5,1	570	1,09	0,75	7
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	142,9	136,3	6,6	540	1,14	0,80	8,1
Buteo buteo (L.)	1 027	119,2	110,5	8,7	450	1,07	0,83	9,5
Pernis apivorus (L.)	615	136,3	130	6,3	380	1,05	0,76	7,1
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	142,9	134,9	8	560	1,10	0,80	9,4
Circus æruginosus (L.)	680	129,4	123,9	5,5	440	1,20	0,73	6,5
— *cyaneus* (L.) ♀	471,50	163,4	156,5	6,9	430	1,07	0,79	6,1
— *cyaneus* (L.) ♂	331	169,4	162,5	6,9	390	1,08	0,79	8,7
— *pygargus* (L.)	236,50	159,1	152,2	6,9	290	1,05	0,69	8,5
— *macrurus* (Gmel.)	386	129,3	124,3	5	350	0,94	0,68	7,7
Milvus milvus (L.)	927	171,2	162,7	8,5	540	1,09	0,70	9,5
II. PALMIPÈDES VOILIERS.								
Diomedea exulans (L.)	8 502	129	122	7	1 760	1	0,76	8,1
Fregata aquila (L.)	1 620	121	115	6,	600	0,89	0,72	7,6
Sula bassana (L.)	2 690	127,7	120	7,7	1 430	1,34	0,60	8,1
Puffinus kuhli Boie	572	125	117,6	7,4	470	0,96	0,56	7,6
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	149,1	140,2	8,9	260	1,20	0,60	11,4
Larus marinus (L.)	1 915	131	119	12	910	1,20	0,60	11,4
III. ÉCHASSIERS RAMO-PLANEURS.								
Ardea cinerea (L.)	1 408	165,3	153,8	11,5	650	1,26	0,98	11,1
Egretta alba (L.)	1 178	148,5	136,5	12	610	1,17	0,95	10
Botaurus stellaris (L.)	1 198	153,7	139,3	14,4	680	1,07	0,93	8,2
Nycticorax nycticorax (L.)	512	149,5	134,9	14,6	480	1,27	1,08	10,6
Platalea leucorodia (L.)	1 565	186,2	170,6	15,6	1 160	1,20	1	13,2
Ciconia ciconia (L.)	3 438	170,1	156,1	14	1 170	1	0,76	7,5
Megalornis grus (L.)	4 175	147,5	131,7	15,8	1 100	1,24	0,93	9,2
Leptoptilus crumeniferus (Less.)	7 030	185,3	170,6	14,7	1 570	1,20	0,95	8,6
Vanellus vanellus (L.)	211	227,9	208,5	19,4	720	1,25	1,17	12,3
IV. RAPACES NOCTURNES RAMO-PLANEURS.								
Bubo bubo (L.)	1 720	150,3	142,7	7,6	690	1,03	0,87	4
Asio otus (L.)	247	117,4	110,4	7	260	1,05	0,85	8,5
— *flammeus* (Pont.)	390	125,5	118,9	6,6	350	1,09	0,84	8
Otus scops (L.)	49,75	99,9	94,4	5,5	140	1,12	0,94	8
Tyto alba (L.)	279	126,5	118,8	7,7	300	1,05	0,82	8,1
Strix aluco L.	418	99,9	94,4	5,5	320	1,11	0,99	5,5
Athene noctua (Scop)	161,50	118,7	111,4	7,3	410	1,10	0,81	6,8

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids relatif du cœu
	Gr.				Par mq.			
V. RAPACES DIURNES RAMO-PLANEURS.								
Accipiter gentilis (L.)...............	708	154,5	149,2	5,3	820	1,12	0,87	8,4
— *nisus* (L.) ♀.............	221	214,6	204	10,6	570	1,32	0,87	8,4
— *nisus* (L.) ♂.............	136	176,7	167,6	9,1	450	1,35	0,81	9,4
Polyborus tharus (Mol.)............	1 209	130,7	122,8	7,9	670	1,13	0,67	7,6
Falco tinnunculus (L.) ♀..........	245	122,2	115,5	6,7	420	1,04	0,79	7,2
— *tinnunculus* (L.) ♂............	172	131,9	122,9	9	320	1,07	0,80	9,7
— *peregrinus* (Tunst.)...........	813	191	182,9	8,1	1 200	1,23	0,83	11,9
— *subbuteo* (L.).................	165	190,5	181,8	8,7	560	1,17	0,79	12,5
— *columbarius regulus* (Pall.).....	145	201,7	192,4	9,3	660	1,20	0,81	14,7
VI. CORVIDÉS RAMO-PLANEURS.								
Corvus corone (L.)...............	470	139,9	129,5	10,4	620	1,09	0,88	9,7
— *cornix* (L.).................	633	145,4	135,7	9,7	690	1,08	0,93	8,6
Trypanocorax frugilegus (L.)......	470	157,9	147,1	10,8	530	1,05	0,92	10,7
Colœus monedula spermologus (Vieill.).	253	143,2	132,4	10,8	540	1,10	0,94	9,5
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)......	390	145	135	10	590	1,10	0,95	9,6
Graculus graculus (L.)............	223	134,2	124,6	9,6	300	1,07	0,85	9
Nucifraga caryocatactes (L.).......	161	152,4	139,7	12,7	470	1,04	0,88	10,8
Coracias garrulus (L.).............	128	137,5	125	12,5	360	1,07	0,94	11,7
Pica pica (L.)..................	214	135,2	125	10,2	450	1	0,83	8,4
Garrulus glandarius (L.)..........	160	130,5	118,4	12,1	360	1,12	0,92	8,3
Upupa epops (L.)	91	169,2	157,2	12	420	1,20	1,08	13
Xanthoura yncas (Bodd.)..........	71,30	121,5	109,3	12,2	270	1,10	1,01	8,4
VII. PASSEREAUX. RAMO-PLANEURS.								
Cuculus canorus (L.)..............	104	203,3	187,5	15,8	500	1,27	1,12	12
Caprimulgus europæus (L.)........	92	200,5	180,4	20,1	460	1,15	0,99	12,6
Apus apus (L.)..................	36,20	211,2	186,4	24,8	460	1,21	1,15	15
Chelidon rustica (L.).............	18,35	203,3	185,4	17,9	270	1,17	1,10	14,7
Hirundo urbica (L.)..............	14,35	144,2	132,4	11,8	220	1,18	1,11	17,4
Riparia rupestris (Scop.)..........	15,50	180,1	163	17.1	230	1,17	1,09	15
VIII. PALMIPÈDES RAMO-PLANEURS.								
Phalacrocorax carbo (L.)...........	2 115	136,1	123,6	12.5	1 450	1.33	1,01	9,9
Puffinus puffinus (Brünn).........	342	136,4	124,4	12	820	1,07	0,64	8,7
Larus argentatus (Pontopp).........	1 189	128,6	118,4	10.2	720	1,24	0,95	8,7
Larus canus (L.).................	367	137,8	128	9.8	430	1,20	0,90	10,
Rissa tridactyla (L.)..............	488	146	133,1	12.9	700	1,15	0,84	9,9
Larus ridibundus (L.).............	261	139	127,5	11,5	420	1,18	0,96	10
Sterna hirundo (L.)...............	118	177,1	161	16.1	350	1.22	0,97	12 4

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids relatif du cœur.
IX. Passereaux rameurs a vol soutenu.	Gr.				Par mq.			
Muscicapa striata (Pallas).........	14,35	160,2	146,3	13,9	170	1,33	1,15	11,8
Ficedula hypoleuca (Pall)..........	12,50	172	156	16	230	1,25	1,16	13,6
Alauda arvensis (L.)..............	28,30	233,1	213,7	19,4	480	1,28	1,15	15,9
Anthus pratensis (L.).............	18	236,3	216,9	19,4	430	1,32	1,20	9,9
— *trivialis* (L.)...............	20,70	210	191,7	18,3	340	1,36	1,21	12
Motacilla alba (L.)...............	22	224	206,8	17,2	370	1,34	1,14	15,5
— *flava* (L.).................	16,50	221,7	206	15,7	380	1,27	1,18	13
— *cinerea* (Tunstoll).........	16	249,3	231,2	18,1	400	1,15	1,07	9,3
Lanius excubitor (L.).............	50,50	158,1	142,9	15,2	380	1,30	1,19	15,8
— *senator* (L.)................	26,10	160,4	145,5	14,9	300	1,17	1,04	10,8
— *collurio* (L.)...............	30,95	112,9	103,3	9,6	280	1,05	0,92	10
Luscinia megarhyncha (Brehm).....	17,10	154,3	137,4	16,9	260	1,40	1,30	10,5
Erythacus rubecula (L.)...........	17,75	134,5	120,5	14	340	1,13	1,05	11,2
Phœnicurus phœnicurus (L.).......	13	190,9	173,9	17	230	1,14	1,06	13
— *ochrurus gibraltariensis* (Gm.)	16,95	162,2	147,5	14,7	230	1,17	1,05	13
Pratincola rubetra (L.)...........	13,05	171,5	156,2	15,3	220	1,19	1,11	19,1
— *rubicola* (L.).............	11,45	160,6	145,8	14,8	220	1,21	1,11	14,9
Phylloscopus bonellii (Vieill).......	7,65	175,1	156,8	18,3	210	1,14	1,01	14,3
— *rufus* (Bechst)............	5,25	142,8	123,8	19	150	1,22	1,10	13,3
Oriolus oriolus (L.)..............	72	221	204,1	16,9	580	1,24	1,10	18,7
Monticola solitarius (L.)..........	62,80	146,7	133,7	13	390	1,18	1,08	10,6
— *saxatilis* (L.)............	47,50	167,3	152,6	14,7	490	1,24	1,10	15,3
Turdus merula (L.)	91,50	178,6	160	18,6	620	1,15	1	9,2
— *naumanni* (Temm)..........	76,20	167,3	149,6	17,7	560	1,20	0,99	10,4
— *viscivorus* (L.)............	106	229,2	212,2	17	780	1,28	1,24	10,5
— *pilaris* (L.)................	98	251,9	233,1	18,8	1 090	1,27	1,21	11,2
— *musicus* (L.)...............	70,30	219	199,1	19,9	800	1,25	1,01	10,6
— *iliacus* (L.)................	56	212,4	194,6	17,8	660	1,28	1,20	10,8
— *torquatus* (L.)	96,50	179,1	162,6	16,5	770	1,28	1,23	11,5
Sturnus vulgaris (L.).............	79,50	208,3	188,9	19,4	860	1,30	1,16	12,8
Loxia curvirostra (L.)............	47,60	237,7	216,3	21,4	670	1,32	1,17	16,1
Coccothraustes coccothraustes (L.)...	42	215,2	194,5	20,7	610	1,33	1,22	13,9
Pyrrhula pyrrhula europæa (Vieillot.)	21,40	168,1	149,5	18,6	370	1,11	1,04	13,4
Serinus canarius serinus (L.)......	8,35	239,4	219,1	20,3	270	1,43	1,38	19,1
Chloris chloris (L.)...............	23,70	262,4	242,6	19,8	610	1,21	1,20	20,6
Fringilla cælebs (L.).............	21,15	252,9	234	18,9	490	1,38	1,25	15,2
— *montifringilla* (L.)........	25,10	179,2	163,3	15,9	360	1,09	1,05	10,7
Passer domestica (L.).............	30	177,9	161,6	16,3	520	1,16	1,06	13,3
— *montana* (L.)..............	15,20	189,4	167,7	21,7	370	1,40	1,35	15,1
Petronia petronia (L.)............	25	215,6	196	19,6	530	1,25	1,20	13,6
Carduelis carduelis (L.)..........	16,65	226,4	205,4	21	400	1,32	1,25	13,8
Spinus spinus (L.)...............	11,80	219,4	205	14,4	380	1,19	1,05	19,4
Acanthis cannabina (L.)..........	15,80	250,5	227,8	22,7	410	1,28	1,20	17,1
Spinus citrinella (L.)............	11,95	221,7	200,8	20,9	350	0,87	0,82	16,1
Emberiza citrinella (L.)	25	222	200	22	420	1,43	1,40	14
— *cirlus.* (L.)...............	23,10	220,7	203,4	17,3	480	1,06	1,03	13,8

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids relatif du cœur.
	Gr.				Par mq.			
Emberiza hortulana (L.)............	33	141,7	127,2	14,5	380	1,09	1,06	10,6
— *cia* (L.)..................	21,40	199,4	184,5	14,9	390	1,25	1,14	11,1
— *schœniclus* (L.)............	20	215	200	15	370	1,26	1,15	10,7
Regulus regulus (L.)..............	3,80	131,5	118,4	13,1	150	1,08	1,02	13,1
X. Passereaux rameurs. a vol peu soutenu.								
Cyanecula suecica cyanecula (Wolf).	14,30	140,4	122,3	18,1	160	1,23	1,12	13
Sylvia atricapilla (L.)...............	16,25	121,7	107,6	14,1	220	1,16	1,06	10,1
— *simplex* (Lath.).............	15,80	113,9	100	13,9	240	1,28	1,08	12,6
— *communis* (Lath.)...........	18,65	131,3	117,9	13,4	280	1,11	0,98	10,7
Prunella modularis (L.)...........	18	146,6	133,3	13,3	320	1,22	1,10	10,5
Hypolais icterina (Vieill.)...........	10,65	124,1	111,1	13	180	1,18	1,09	9,3
Acrocephalus cirpaceus (Herm.)....	12,80	132,7	118,7	14	250	1,15	1,07	11,7
— *schœnobænus* (L.).......	10,40	130,7	117,3	13,4	250	1,10	1,05	12,4
Parus major (L.)..................	21,45	139,8	128,2	11,6	290	1,08	**1,01**	10,2
— *cæruleus* (L.)...............	11	177,2	160,9	16,3	290	1,10	**1,01**	**13,6**
— *cristatus mitratus* (Brehm.)...	10,20	153,9	139,2	14,7	210	1,15	**1,06**	**11,7**
— *palustris longirostris* (Kleinsch)	10,90	176	160,5	15,5	290	1,22	**1,08**	**13,7**
— *palustris communis* (Kleinsch).	11,75	159	144,6	14,4	260	1,10	**1,01**	**14,4**
Ægithalus caudatus (L.)...........	8	171,2	156,2	15	230	1,15	1,05	**15,6**
Gecinus viridis (L.)...............	156	175,6	163,1	12,5	560	1,22	1,08	**13,4**
Dryobates major pinetorum (Br.)....	73	193,6	178	15,6	590	1,14	1,07	**14,3**
— *minor hortorum* (Brehm.)..	15,50	177,3	161,2	16,1	240	1,17	1,09	13,5
Jynx torquilla (L.)................	37,30	199,1	186,3	12,8	210	1,07	0,95	12,9
Certhia brachydactyla (Brehm.).....	8,50	162,2	147	15,2	200	1,02	0,81	10,5
Sitta europæa cæsia (Wolf)........	21,10	165,8	151,6	14,2	260	1,10	1,01	10,4
Tichodroma muraria (L.)..........	15	164,6	153,3	11,3	140	1,10	0,85	13,3
Troglodytes troglodytes (L.).........	10,10	128,6	113,8	14,8	310	1,06	0,97	11,8
XI. Passereaux vibrateurs.								
Eupherusa eximia (Del)...........	2,85	341	300	41	640	1,35	1,30	20,1
XII. Échassiers rameurs terrestres.								
Otis tarda (L.)....................	8 950	225	200	25	3 480	1,42	0,96	14,5
— *tetrax* (L.).....................	830	246,3	219,2	27,1	1 960	1,40	1,07	18,6
Burhinus œdicnemus (L.)...........	522	174,4	156,8	17,6	1 190	1,14	1,03	10,8
Charadrius apricarius (L.).........	178	265,3	231,4	33,9	1 320	1,36	1,33	17,4
— *morinellus* (L.).........	90	253,8	223,3	30,5	920	1,34	1,18	17,7
Crex crex (L.)....................	155	178,6	157	21,6	760	1,38	1,08	10
Scolopax rusticola (L.).............	322	309,8	254,6	55,2	1 680	1,36	1,12	11,5
XIII. Échassiers rameurs riverains.								
Numenius arquatus (L.)...........	768	212,2	188,8	23,4	1 380	1,05	1,01	12,2
Hæmatopus ostralegus (L.).........	438	170,4	150,6	19,8	1 200	1,32	1,22	11,6

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids relatif du cœur.
	Gr.				Par mq.			
Charadrius hiaticula (L.)	62,20	192,9	172	20,9	630	1,26	1,01	13,6
Squatarola squatarola (L.)	216	212,6	188,6	24	1 150	1,20	1,11	15,2
Gallinago gallinago (L.)	95,50	319,3	264,9	54,4	1 250	1,26	1,15	12,3
Limnocryptes gallinula (L.)	57	237,6	198,2	39,4	760	1,35	1,22	15,7
Canutus canutus (L.)	88	240,5	212,5	28	780	1,37	1,26	17
Erolia alpina (L.)	44	217	192	25	760	1,29	1,14	15,2
Arenaria interpres (L.)	107,80	235,9	207,7	28,2	1 200	1,30	1,15	17
Calidris leucophæa (Pall)	41,90	241,6	205,2	36,4	630	1,32	1,09	16,7
Machetes pugnax (L.)	180	257,9	229,1	28,8	1 010	1,40	1,20	16,1
Tringa nebularius (Günn)	156	246,3	216,6	29,7	940	1,30	1,20	14
— *erythropus* (Pall.)	133	248,1	215,1	33	1 010	1,25	1,11	15
— *totanus* (L.)	133	225,1	196,6	28,5	810	1,32	1,15	15,7
— *ochrophus* (L.)	72,70	291,5	250,3	41,2	850	1,43	1,27	13
— *hypoleucus* (L.)	48,50	198,3	167	31,3	650	1,29	1,26	11,3
Limosa lapponica (L.)	197	244,6	205	39,6	890	1,56	1,29	15,2
— *limosa* (L.)	228	257,4	226,7	30,7	1 110	1,39	1,34	16,6
Recurvirostra avocetta (L.)	295	180,9	167,4	13,5	770	1,34	1,09	13,5
XIV. COLOMBINS RAMEURS.								
Columba palumbus (L.)	495	275,6	238,3	37,3	1 710	1,50	1,37	13,7
— *œnas* (L.)	306	281,8	241,5	40,3	1 610	1,46	1,30	13,7
Turtur turtur (L.)	178	262,3	221,3	41	1 240	1,47	1,28	12,3
XV. GALLINACÉS RAMEURS.								
Tetrao urogallus (L.) ♂	3 361	242,5	180,5	62	5 670	1,55	1,48	7,7
— *urogallus* (L.) ♀	1 890	279,8	218,5	61,3	4 870	1,54	1,45	7,6
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	302,8	231	71,8	3 200	1,58	1,48	10,8
Lyrurus tetrix (L.) ♀	940	214,8	154,2	60,6	3 050	1,47	1,40	10,3
Tetrao medius (Mey)	1 193	289 5	226,3	63,2	3 510	1,49	1,48	14,1
Lagopus mutus (Martin)	462,50	215,7	170,1	45,6	2 040	1,29	1,26	10
— *lagopus* (L.)	620	260,2	200,2	60	2 550	1,39	1,24	10,1
— *scoticus* (Lath)	624	253,9	195,5	58,4	2 650	1,41	1,25	12,3
Tetrastes bonasia (L.)	278	351,5	262,5	89	2 780	1,45	1,23	8,4
Caccabis rufa (L.)	490	251,8	186,1	65,7	2 350	1,45	1,27	5,2
— *saxatilis* (Mey. et Wolf)	606,50	204,2	152,8	51,4	2 600	1,38	1,25	5,3
Perdix perdix (L.)	387	289,9	216	73,9	3 230	1,45	1,40	6,7
Coturnix coturnix (L.)	83,20	226,9	177,2	49,7	1 090	1,42	1,37	8,4
Colinus pectoralis (Gould)	131,50	273,3	198,4	74,9	1 250	1,45	1,38	4,9
Rhynchotus rufescens (Temm)	821,70	238,5	193,5	45	2 980	1,30	1,26	2,5
VI. PALMIPÈDES NAGEURS RAMEURS.								
Cygnus cygnus (L.)	5 925	152,6	140,9	11,7	2 645	1,29	1,14	11,3
Anser fabalis (Lath)	3 110	197,6	178,4	19,2	2 290	1,39	1,26	10,6
— *anser* (L.)	3 065	205,4	185,9	19,5	2 330	1,42	1,28	9,2
— *albifrons* (Scop)	1 715	202,9	180	22,9	2 130	1,41	1,35	11

	Poids du corps.	Poids relatif des muscles pectoraux.	Poids relatif des grands pectoraux.	Poids relatif des petits pectoraux.	Rapport du poids des pectoraux à la surface des ailes.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.	Poids du cœur.
	Gr.				Par mq.			
Branta bernicla (L.)	1 273	182,1	164,1	18	1 660	1,45	1,28	10,7
— *leucopsis* (Bechst.)	1 150	185,2	167,1	18,1	1 840	1,41	1,25	9
Anas platyrhynchus (L.)	1 105	224,1	194,5	29,6	2 740	1,41	1,25	9
Spatula clypeata (L.)	633	207,3	183,2	24,1	2 180	1,36	1,24	11,6
Dafila acuta (L.)	955	215,7	194,8	20,9	2 440	1,38	1,25	12,6
Mareca penelope (L.)	830	197,2	175,9	21,3	2 460	1,29	1,21	9,3
Querquedula crecca (L.)	293	221,8	196,8	25	1 850	1,36	1,30	13,2
— *querquedula* (L.)	327	220,9	193,7	27,2	1 790	1,38	1,33	13,3
Clangula clangula (L.)	622	193,7	170,4	23,3	2 320	1,46	1,40	13,8
Nyroca nyroca (Güld.)	512	189,4	169,4	20	1 890	1,32	1,24	11,1
— *fuligula* (L.)	741	184,2	165,9	18,3	2 860	1,35	1,26	12,1
— *ferina* (L.)	842	216,6	197,1	19,5	2 950	1,27	1,25	10,7
— *marila* (L.)	675	284,9	260,7	24,2	1 670	1,56	1,40	10,9
Oidemia nigra (L.)	870	131,2	117,2	14	1 670	1,51	1,41	11,1
— *fusca* (L.)	1 578	155,2	138,2	17	2 420	1,48	1,41	10,8
XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs.								
Mergus serrator (L.)	818	192	174	18,	2 630	1,45	1,25	13,4
— *merganser* (L.)	1 470	159,8	144,8	15	2 730	1,35	1,10	12,2
— *albellus* (L.)	495	193,6	174,7	18,9	2 210	1,33	1	13,5
Colymbus cristatus (L.)	790	127,7	116,4	11,3	1 770	1,05	0,89	10,8
— *griseigena* (Bodd)	480	130	119,	11	1 140	1,10	0,95	10,5
— *ruficollis* (Pall.)	180	92,4	81,6	10,8	700	0,99	0,88	4,7
Gavia septentrionalis (L.)	957	66,4	60,6	5,8	710	1,45	0,80	9,2
— *arctica* (L.)	1 495	105,3	98,3	7	1 310	1,31	0,78	9,
Alca torda (L.)	780	161,4	124,3	37,1	3 280	1,82	1,30	6,6
Uria troille (L.)	1 010	194	146,5	47,5	4 550	1,90	1,35	8,9
Fratercula arctica (L.)	272	146,6	111,6	35	1 140	1,70	1,40	12
Alle alle (L.)	91,20	180,2	140,2	40	980	1,60	1,35	13,1
XVIII. Échassiers plongeurs rameurs.								
Fulica atra (L.)	578	111,8	99,2	12,6	1 040	1,14	0,99	8,1
Gallinula chloropus (L.)	265	142,2	124,5	17,7	1 010	1,17	1,03	7,9
Porzana porzana (L.)	69	153,6	132,6	21	460	1,02	1	10,8
Rallus aquaticus (L.)	128	105,7	89	16,7	520	1	0,98	7,7
XIX. Passereaux plongeurs rameurs.								
Alcedo ispida (L.)	36,40	186,2	165,2	21	520	1,19	1,10	17,8
XX. Oiseaux coureurs et ne volant pas.								
Rhea americana (L.)	10 555	5,7	·		120			11,6
Spheniscus demersus (L.)	2 944	95,1	»	»	3 100	»	»	6,7

de leur surface alaire. Chez eux, comme en aviation, pour une petite surface portante, il faut un gros moteur, mais toutefois une remarque s'impose. Jusqu'ici les progrès dans l'industrie des moteurs ont conduit à penser que le meilleur engin était celui qui était propulsé par le plus puissant moteur et qui était capable d'enlever la plus lourde charge. Pour ce qui est des Oiseaux, on observe exactement le contraire : les meilleurs volateurs, les voiliers, ont de beaucoup le plus faible moteur et portent la plus petite charge.

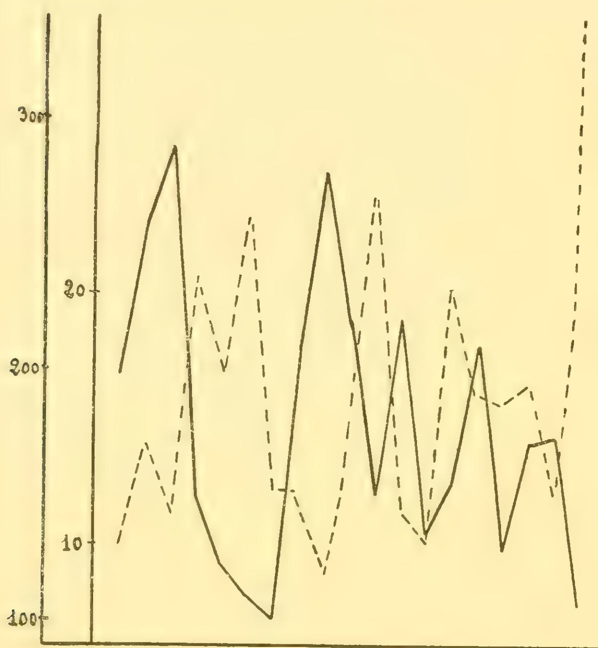


Fig. 26. — Courbes de la variation de la surface alaire relative et du poids relatif des muscles pectoraux suivant les groupes d'Oiseaux.
———— Surface alair.
— — — Muscles pectoraux.

Si l'on examine maintenant les quantités relatives des grands et des petits pectoraux, on constate que, d'une façon générale, les Oiseaux qui ont les muscles abaisseurs les moins pesants ont de même des muscles releveurs petits et de grandes ailes et que, par contre, les groupes qui possèdent de gros abaisseurs ont aussi de gros releveurs et de petites ailes.

Il y a lieu cependant de faire observer que cette inversion, qui paraît évidente entre le poids des divers muscles pectoraux et la surface alaire n'est pas absolue. On rencontre en effet des groupes comme les Rapaces et les Passereaux ramoplaneurs, par exemple, qui ont de gros muscles abaisseurs en

particulier, bien que pourvus d'ailes assez étendues. Tous ces faits sont faciles à expliquer. Les rameurs : Passereaux, Échassiers, Palmipèdes, Gallinacés et Colombins possèdent une surface portante assez réduite ou très réduite. Ils ne peuvent se soutenir en l'air qu'en battant des ailes plus ou moins rapidement. Aussi leurs muscles abaisseurs sont-ils développés en raison de la dépense musculaire qu'occasionne ce mode de vol. Pour les ramo-planeurs, il en est de même. La grosseur des grands pectoraux est en rapport avec la vitesse des battements ; ceux-là sont petits chez les Rapaces nocturnes qui rament lentement et planent fréquemment ; ils sont hypertrophiés chez les Faucons et les Passereaux comme les Martinets qui progressent au moyen de coups d'ailes très rapides séparés par des temps de planement plus ou moins longs.

Si, comme je l'ai montré, la forme de l'aile est liée au mode de vol, si elle dépend de la vitesse des battements, le poids des muscles pectoraux est en relation directe avec le nombre et la rapidité des coups d'ailes, et cela est vrai dans tous les groupes d'Oiseaux.

Si l'on détaille les résultats obtenus, on s'aperçoit que tous les groupes, qui volent sans battement d'ailes ou avec des battements peu fréquents, ont relativement de petits abaisseurs.

Il en est ainsi des Rapaces diurnes voiliers, des Palmipèdes voiliers chez lesquels, cependant, ces muscles ne sont pas atrophiés malgré l'absence de battements au cours du vol à voile, parce que, comme je l'ai expliqué, les abaisseurs travaillent pendant les planements, quels qu'ils soient, à maintenir le corps dans une position appropriée et le font battre, osciller verticalement autour de l'axe des ailes; au contraire, les espèces qui ne se soutiennent qu'à l'aide de coups d'ailes plus ou moins répétés, comme les rameurs, certains ramo-planeurs, possèdent de gros abaisseurs, *la quantité de ceux-ci étant en rapport direct avec le nombre des coups d'ailes*. C'est ainsi que certains Échassiers comme le Héron, bien que pourvus d'une grande surface alaire, ont toutefois de gros abaisseurs, parce que fréquemment ils battent des ailes, à raison d'un à trois coups

par seconde. J'ajouterai toutefois ici que le nombre des coups d'ailes pour une même espèce est des plus variables et dépend de la vitesse que veut acquérir l'Oiseau et de cette vitesse lorsqu'elle est acquise.

De même la plupart des Rapaces diurnes ramo-planeurs ont de gros abaisseurs. Cela tient à ce que, tout en étant capables d'effectuer quelquefois de beaux planements, ils ne progressent qu'en ramant violemment. L'examen des tableaux de chiffres individuels qu'il est impossible de détailler ici est des plus significatifs. Un exemple prouvera l'exactitude de ce que j'avance.

Ainsi les Hobereaux, les Sternes Pierre-Garin et les Martinets progressent de façon très analogue, à l'aide de coups d'ailes rapides et répétés; ils ont tous des ailes très aiguës ; ils ont tous aussi des muscles abaisseurs développés, alors que des espèces voisines, comme les Crécerelles, les Mouettes et les Hirondelles des fenêtres, ont au contraire des ailes un peu plus larges et des muscles moins volumineux, parce que leurs battements sont deux ou trois fois moins fréquents dans le même laps de temps.

Cette action du battement sur la forme de l'aile et la puissance du moteur est si nette que, par la simple observation de la manière de voler d'un Oiseau, il est possible de prévoir la quantité de ses muscles.

Enfin les espèces, dont le vol est peu soutenu ou presque nul, ont des muscles abaisseurs réduits. Tel est le cas du groupe X formé de Passereaux arboricoles, qui ne volettent le plus souvent que pour aller d'un arbre à l'autre, celui de nombreux plongeurs, adaptés à la vie aquatique, qui quittent rarement le domaine des eaux pour celui des airs et dont les abaisseurs sont petits par suite du travail minime qui leur est demandé. Chez le Troglodyte, par exemple, qui ne vole presque jamais et vit dans les buissons et les trous comme une Souris, ces muscles sont très inférieurs en poids à ceux de presque tous les autres volateurs. Chez le Nandou, qui ne vole pas, le poids des muscles abaisseurs est près de vingt fois plus petit que chez les voiliers, ce qui vient confirmer la théorie de l'effort nécessité par le soutien du corps pendant le vol. C'est

justement par suite de l'insuffisance de son moteur que le Nandou est incapable de quitter le sol, et non en raison d'une envergure insuffisante, celle-ci étant aussi développée que celle de beaucoup de bons volateurs.

Voyons maintenant les résultats que fournit l'étude des petits pectoraux.

Les voiliers n'emploient le vol ramé que pour s'élever ou se maintenir dans les airs en l'absence de tout vent. Ils pratiquent le plus souvent le vol à voile, utilisant le vent ascendant ou horizontal, ou encore ils planent grâce à leur grande surface alaire, glissant sur l'air les ailes étendues et sans fournir le moindre battement. Dans tous les cas, l'effort musculaire étant minime, les grands pectoraux se révèlent moins puissants. En ce qui concerne les petits pectoraux, le même raisonnement est applicable pour les voiliers. Ces muscles sont chez ces derniers de petit volume, parce que les ailes sont la plupart du temps immobiles et aussi parce que leur relevée peut être considérée comme automatique par suite de leur grande surface. Chez les Oiseaux à petite surface portante, le poids des petits pectoraux, au contraire, se montre jusqu'à dix fois plus considérable que chez les voiliers. De plus, alors que les muscles élévateurs de ceux-ci sont en moyenne près de vingt fois plus petits que les abaisseurs, ils ne sont plus, par exemple, que trois fois plus réduits chez les Gallinacés, qui donnent des coups d'ailes rapides et répétés. Toutefois les releveurs des Oiseaux de ce dernier groupe sont plus volumineux que ceux des Martinets, par exemple, qui sont parmi les Oiseaux dont la fréquence de battement est grande. Cela tient à ce que les coups d'ailes se répètent longtemps chez les Gallinacés où l'effort est prolongé, tandis que, chez les Martinets, ils ne durent que quelques secondes et sont séparés par des temps de planement.

La relevée de l'aile exige donc un gros effort musculaire quand la surface portante est minime, et cela est vrai même pour des Oiseaux ne volant presque plus, comme les Troglodytes, ou rarement comme certains plongeurs. Leurs abaisseurs se sont en partie atrophiés, mais leurs releveurs sont

restés assez volumineux pour permettre la remontée des ailes au cours des rares envolées.

D'ailleurs, le poids des muscles n'est pas seul influencé par le genre de vol. Leurs dimensions varient avec ce dernier, comme l'indiquent les moyennes contenues dans le tableau de la page 273 et obtenues en comparant la longueur réelle des pectoraux à la racine cubique du poids.

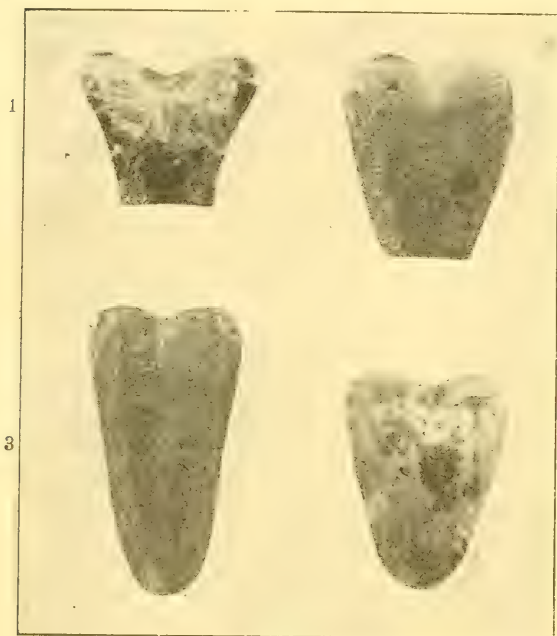


Fig. 27. — La grandeur relative des muscles abaisseurs suivant le mode de vol.

1. Buse commune, *Buteo buteo* (L.) (Rapace voilier). — 2. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* L. (Palmipède nageur rameur). — 3. Guillemot troille, *Uria troille* (L.) (Palmipède plongeur rameur). — 4. Pigeon ramier, *Columba palumbus* L. (Colombin rameur).

On se rend compte, sans qu'il soit besoin de recourir à la méthode graphique, que les Oiseaux dont les grands pectoraux sont de poids relativement restreint, ont les muscles les plus courts, que ceux dont les muscles sont très pesants ont les muscles les plus longs.

Cependant certains Plongeurs paraissent avoir des muscles plus longs que les groupes dont ils sont très voisins comme moyennes de poids musculaires. Cela est dû à l'action tourbillonnaire de l'eau qui a allongé ces muscles en même temps que le corps.

J'ai reproduit dans la figure 27 les photographies de quatre muscles grands pectoraux types d'Oiseaux, après avoir ramené leurs dimensions à celles qu'auraient ces divers muscles si les Oiseaux pesaient le même poids.

Nous voyons que ce sont les voiliers qui ont les plus petits

	Poids du corps.	Longueur relative des grands pectoraux.	Longueur relative des petits pectoraux.
	Gr.		
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	466,4	1,07	0,87
Rapaces diurnes voiliers	1 869,5	1,08	0,73
Corvidés ramo-planeurs................	272	1,08	0,92
Palmipèdes voiliers...................	2 552,7	1,09	0,64
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	1,18	0,80
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	1,18	0,97
Palmipèdes ramo-planeurs.............	697,1	1,19	0,89
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	1,19	1,10
— ramo-planeurs	46,7	1,19	1,09
— rameurs à vol soutenu	33,1	1,23	1,13
Échassiers rameurs riverains	176,9	1,31	1,17
— rameurs terrestres............	1 578,1	1,34	1,11
Passereaux vibrateurs	2,85	1,35	1,30
Palmipèdes nageurs rameurs	1 380	1,39	1,29
Gallinacés rameurs	861,2	1,44	1,34
Colombins rameurs	326,3	1,47	1,31
Échassiers plongeurs rameurs	260	1,08	1
Passereaux rameurs à vol peu soutenu ..	23,9	1,14	1,02
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	1,42	1,08

muscles, les rameurs les plus grands, ces derniers étant très allongés chez le Guillemot, Palmipède plongeur.

En outre, les petits pectoraux sont aussi de longueur très différente suivant le genre de vol. Très courts chez les voiliers et quelques ramo-planeurs, pourvus seulement d'une petite urface d'insertion sur le sternum et le bréchet, ils se révèlents au contraire très allongés et se prolongent jusqu'au voisinage de l'extrémité abdominale du bréchet chez les rameurs et même chez les ramo-planeurs, comme les Martinets, qui battent rapidement des ailes.

Il m'a paru intéressant de connaître de façon plus précise la relation qui existe entre le poids des muscles pectoraux et la surface alaire. J'ai, à ce sujet, cherché le poids de ces muscles correspondant à un mètre carré de surface d'aile pour chaque Oiseau. Mais j'ai déjà fait remarquer que les rapports que l'on obtient en divisant un poids par une surface n'ont aucune valeur, puisqu'ils résultent d'un artifice mathématique. On trouve en effet que, d'une manière générale, ce sont les plus gros Oiseaux qui ont naturellement les plus grands rapports, et réciproquement. Mais, en employant le procédé dont je

me suis servi pour mettre en valeur la charge que supportent les ailes d'Oiseaux, j'ai pu obtenir des chiffres se rapportant à des Oiseaux ramenés approximativement à la même taille. Pour cela, j'ai effectué la multiplication de chaque rapport réel des muscles pectoraux à la surface alaire par les coefficients contenus dans le tableau de la page 191 ; j'ai trouvé les poids suivants :

	Rapport du poids des muscles pectoraux à la surface alaire (par mq.) $\sqrt[3]{K\frac{P}{S}}$		Rapport du poids des muscles pectoraux à la surface alaire (par mq.) $\sqrt[3]{K\frac{P}{S}}$
	Kg.		Kg.
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	0 610	Passereaux plongeurs rameurs	2 140
Rapaces diurnes voiliers	0 690	Échassiers rameurs riverains.	2 270
Palmipèdes voiliers	0 900	Palmipèdes nageurs rameurs.	2 700
Échassiers ramo-planeurs	0 930	Colombins rameurs	3 000
Corvidés ramo-planeurs	0 970	Gallinacés rameurs	4 170
Palmipèdes ramo-planeurs	1 070	Passereaux vibrateurs	6 160
Rapaces diurnes ramo-planeurs	1 140	....	
Passereaux ramo-planeurs	1 340	Passereaux rameurs à vol peu soutenu	1 280
Passereaux rameurs à vol soutenu	1 850	Échassiers plongeurs rameurs.	1 610
Échassiers rameurs terrestres.	1 880	Palmipèdes plongeurs rameurs	2 910

Le classement est très voisin de celui fourni par l'étude des muscles rapportés au kilo d'animal, mais il indique que le poids des pectoraux par mètre carré de surface portante est très considérable chez les rameurs. Si l'on prend comme unité de puissance le kilo de muscle par mètre carré, on constate que la force qui est nécessaire pour faire mouvoir 1 mètre carré d'aile est la plus grande chez les Gallinacés et les Oiseaux-Mouches ; elle apparaît dix fois plus petite chez les Rapaces voiliers, cinq fois plus réduite chez les ramo-planeurs comme les Martinets et les Faucons ramo-planeurs : elle n'est plus que d'un quart ou un tiers plus minime chez les grands rameurs comme les Ramiers, les petits Échassiers et les Canards.

J'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier aussi le cœur des Oiseaux. J'estime en effet, comme PARROT (77), que le cœur s'hypertrophie plus ou moins suivant plusieurs facteurs parmi lesquels l'effort musculaire me paraît être dominant. Or, chez

les Oiseaux, le grand effort musculaire est celui des pectoraux; il doit, par conséquent, imprimer sa variation sur celle du cœur.

J'ai pesé le cœur de mes Oiseaux privé complètement de sang. Les chiffres trouvés ont été rapportés au kilogramme d'animal, afin d'avoir des résultats comparables. Voici les moyennes obtenues suivant les différents groupes :

	Poids relatif du cœur par kilo d'animal.		Poids relatif du cœur par kilo d'animal.
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	6,9	Passereaux rameurs à vol soutenu	13,3
Rapaces diurnes voiliers	7,8	Échassiers rameurs terrestres	14,3
Gallinacés rameurs	8,2	Passereaux ramo-planeurs	14,4
Palmipèdes voiliers	9	Échassiers rameurs riverains	14,5
Corvidés ramo-planeurs	9,8	Passereaux plongeurs rameurs	17,8
Palmipèdes ramo-planeurs	9,9	— vibrateurs	20,1
Rapaces diurnes ramo-planeurs	9,9	....	
Échassiers ramo-planeurs	10	Échassiers plongeurs rameurs	8,6
Palmipèdes nageurs rameurs	11,1	Palmipèdes plongeurs rameurs	10,3
Colombins rameurs	13,2	Passereaux rameurs à vol peu soutenu	12,

Il ressort de l'examen de ce tableau que le poids du cœur est directement en rapport avec le poids des muscles pectoraux ou mieux avec l'effort accompli pendant le vol. Les Rapaces, les Palmipèdes voiliers, les Corvidés, qui ont de petits muscles, ont un petit cœur. Les Gallinacés, le Canards, les Échassiers, les Passereaux, qui ont de puissants muscles pectoraux, ont un cœur plus hypertrophié.

D'ailleurs, si nous donnons à tous ces résultats moyens une figuration graphique (fig. 28), nous aurons un aperçu complet de la question des muscles pectoraux et du cœur chez les Oiseaux.

Sur la ligne des abscisses, plaçons à des intervalles égaux dix-neuf points représentant les dix-neuf groupes d'Oiseaux dont nous venons d'étudier les moyennes ; nous rangerons ceux-ci dans un ordre tel que le poids du corps y aille en décroissant. A chaque point, élevons une ordonnée et, sur chacune, portons deux longueurs proportionnelles, l'une au poids des pectoraux, l'autre au poids du cœur par kilo d'animal, en prenant soin de rendre plus grande l'échelle du poids du

cœur, afin de ne pas exagérer les dimensions du dessin. Joignons ensemble les points qui figurent les poids des pectoraux. Réunissons par une autre ligne les points représentant les quantités de cœur.

On voit que ces deux sortes de muscles présentent les mêmes oscillations, qu'ils sont très développés chez les rameurs à battements rapides, comme les Gallinacés, les petits Échassiers, et très réduits chez les voiliers en particulier.

Autrement dit, les Oiseaux qui possèdent une grande surface portante n'ont pas besoin, pour se soutenir dans l'air, de produire d'efforts sensibles ; ils ont des muscles pectoraux peu développés, ne leur permettant que des battements rares et peu fréquents. Dans ces conditions, l'effort étant petit, le cœur reste petit.

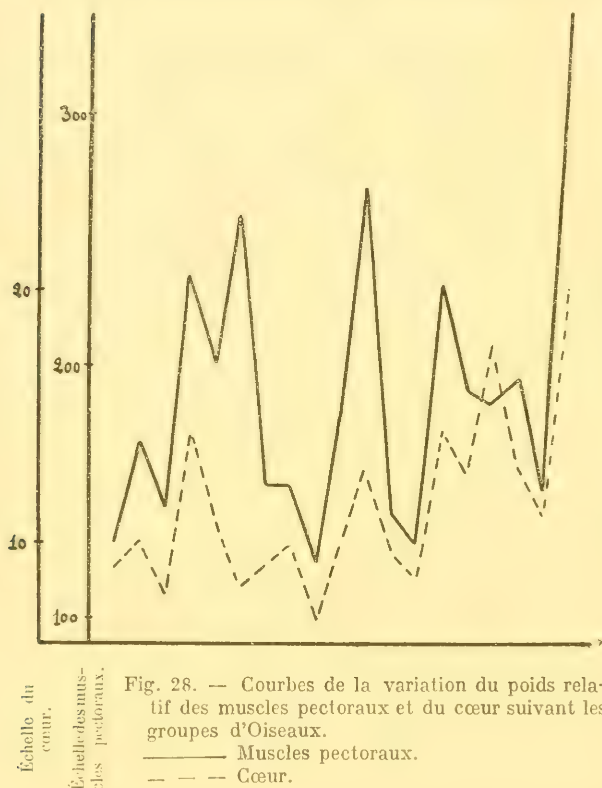


Fig. 28. — Courbes de la variation du poids relatif des muscles pectoraux et du cœur suivant les groupes d'Oiseaux.
——— Muscles pectoraux.
— — — Cœur.

Par contre, les rameurs, qui, en raison de leur petite surface alaire, ne peuvent se maintenir dans l'air sans aucun mouvement des ailes et sont obligés, pour se soutenir, d'avoir recours au vol ramé, battent des ailes d'une façon plus ou moins rapide et fournissent un effort musculaire violent. Leurs muscles pectoraux sont alors très puissants, l'effort pouvant

être de longue durée. Aussi leur cœur est-il très développé.

Grober (*24*) avait entrevu ce résultat lorsqu'il avait remarqué que le poids relatif du cœur était plus grand chez le Canard sauvage que chez le Canard domestique, qui ne vole pas. Cela est bien vrai, puisque certains Gallinacés qui volent rarement comme la Bartavelle ont un petit cœur, puisque le Tinamou, qui ne vole presque jamais, a le cœur le plus petit, sa vie terrestre ne nécessitant aucune dépense musculaire importante. Par contre, le Nandou, qui est un coureur rapide, a relativement un gros cœur, en raison de l'effort qu'il accomplit dans sa course.

On m'a objecté que le rôle du cœur est aussi de pousser le sang jusqu'à l'extrémité des membres et que, particulièrement, le travail fourni par le cœur doit être plus considérable chez un Oiseau à grande envergure que chez un Oiseau de petite envergure. J'ai fait la comparaison. C'est justement le contraire que l'on trouve. Cela tient à ce que, comme la surface alaire, l'envergure varie en raison inverse du poids des muscles pectoraux. Il serait aussi facile de prouver qu'il n'y a aucun rapport entre la longueur du cou et le poids du cœur.

Par conséquent, le développement du cœur est bien lié à l'effort musculaire, et cela vient à l'appui de ce que nous avons déjà dit.

Mais si, comme je l'ai fait remarquer plus haut, le poids du corps est susceptible de varier chez un même Oiseau, cela est peut-être encore plus vrai pour les muscles pectoraux.

Afin de donner plus de force à mes conclusions, j'ai mensuré le bréchet et le sternum sur lesquels s'insèrent abaisseurs et releveurs de l'aile et qui, *a priori*, doivent être plus ou moins développés suivant l'importance de ceux-ci.

Ce travail n'a été entrepris par personne. Seul Houssay (*33*) à mensuré des bréchets d'Oiseaux sur des squelettes, mais aucune recherche biométrique n'avait encore été faite sur des Oiseaux en chair.

J'ai pris pour cette étude la hauteur maxima du bréchet ; la longueur de l'appareil sternal est fournie par la distance qui sépare la pointe antérieure du bréchet de l'extrémité

	Poids du corps.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rap. de la haut. maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'os coracoïd, à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
I. Rapaces diurnes voiliers.							
Gyps fulvus (Habl)	7 269	0,81	0,66	0,13	0,07	0,57	0,56
Gypaëtus barbatus grandis (Storr)	5 385	0,57	0,64	0,12	0,11	0,48	0,54
Catharista atrata (Bartr)	1 702	0,80	0,68	0,18	0,16	0,53	0,55
Aquila chrysaëtus (L.)	3 712	0,74	0,74	0,14	0,12	0,53	0,51
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)	2 060	0,55	0,77	0,14	0,13	0,47	0,45
Helotarsus ecaudatus (Daud.)	2 095	0,68	0,77	0,17	0,15	0,53	0,52
Geranoaëtus melanoleucus (Vieill.)	2 125,50	0,60	0,65	0,16	0,16	0,57	0,52
Circaëtus gallicus (Gmel.)	1 655	0,54	0,66	0,16	0,15	0,60	0,54
Buteo buteo (L.)	1 027	0,57	0,57	0,16	0,16	0,49	0,46
Pernis apivorus (L.)	615	0,72	0,78	0,18	0,20	0,51	0,50
Pandion haliaëtus (L.)	1 105	0,81	0,81	0,22	0,25	0,42	0,45
Circus æruginosus (L.)	680	0,76	0,63	0,16	0,14	0,59	0,48
Circus cyaneus (L.) ♀	471,50	0,66	0,54	0,20	0,16	0,64	0,52
— *cyaneus* (L.) ♂	331	0,69	0,60	0,19	0,16	0,57	0,52
— *pygargus* (L.)	236,50	0,67	0,62	0,19	0,16	0,59	0,53
— *macrurus* (Gmel)	386	0,64	0,63	0,16	0,15	0,54	0,42
Milvus milvus (L.)	927	0,56	0,52	0,20	0,19	0,59	0,51
II. Palmipèdes voiliers.							
Diomedea exulans (L.)	8 502	0,75	0,73	0,17	0,17	0,63	0,44
Fregata aquila (L.)	1 620	0,75	0,60	0,15	0,16	0,52	0,54
Sula bassana (L.)	2 690	0,57	0,97	0,17	0,16	0,40	0,50
Puffinus kuhli (Boie)	572	0,78	0,69	0,22	0,20	0,57	0,42
Hydrobates pelagicus (L.)	17,40	0,80	0,71	0,24	0,21	0,53	0,48
Larus marinus (L.)	1 915	0,89	0,80	0,24	0,21	0,51	0,53
III. Échassiers ramo-planeurs.							
Ardea cinerea (L.)	1 408	1	0,88	0,23	0,20	0,41	0,56
Egretta alba (L.)	1 178	0,95	0,82	0,20	0,17	0,42	0,55
Botaurus stellaris (L.)	1 198	0,73	0,58	0,18	0,15	0,41	0,59
Nycticorax nycticorax (L.)	512	0,85	0,63	0,23	0,17	0,50	0,62
Platalea leucorodia (L.)	1 565	0,88	0,85	0,27	0,26	0,51	0,51
Ciconia ciconia (L.)	3 438	0,94	1,05	0,27	0,31	0,42	0,54
Megalornis grus (L.)	4 175	0,93	0,87	0,31	0,26	0,24	0,55
Leptoptilus crumeniferus (Less.)	7 030	0,78	0,69	0,28	0,23	0,52	0,55
Vanellus vanellus (L.)	211	1,05	1,03	0,31	0,32	0,47	0,42
IV. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.							
Bubo bubo (L.)	1 720	0,63	0,57	0,19	0,17	0,55	0,54
Asio otus (L.)	247	0,47	0,52	0,19	0,16	0,60	0,47
— *flammeus* (Pont.)	390	0,57	0,59	0,18	0,16	0,57	0,43
Otus scops (L.)	49,75	0,49	0,62	0,17	0,20	0,76	0,80
Tyto alba (L.)	279	0,50	0,42	0,15	0,12	0,61	0,49
Strix aluco (L.)	418	0,49	0,43	0,17	0,15	0,53	0,50
Athene noctua (Scop.)	161,50	0,60	0,58	0,15	0,15	0,55	0,47

	Poids du corp.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'os coracoïd. à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
V. Rapaces diurnes ramo-planeurs.							
Accipiter gentilis (L.)	708	0,86	0,82	0,20	0,19	0,50	0,47
— *nisus* (L.) ♀	221	0,96	0,81	0,25	0,21	0,66	0,46
— *nisus* (L.) ♂	136	0,95	0,75	0,25	0,20	0,70	0,54
Polyborus tharus (Mol.)	1 209	0,76	0,82	0,15	0,17	0,47	0,48
Falco tinnunculus (L. ♀.)	245	0,62	0,62	0,16	0,16	0,57	0,43
— *tinnunculus* (L. ♂)	172	0,62	0,58	0,20	0,19	0,54	0,50
— *peregrinus* (Tunst.)	813	0,79	0,74	0,23	0,21	0,62	0,53
— *subbuteo* (L.)	165	0,83	0,70	0,25	0,21	0,65	0,51
— *columbarius regulus* (Pall.)	145	0,76	0,64	0,26	0,22	0,62	0,57
VI. Corvidés ramo-planeurs.							
Corvus corone (L.)	470	0,64	0,64	0,21	0,21	0,61	0,54
— *cornix* (L.)	633	0,74	0,75	0,22	0,22	0,51	0,53
Trypanocorax frugilegus (L.)	470	0,74	0,74	0,21	0,21	0,77	0,55
Colœus monedula spermologus (Vieill.)	253	0,66	0,66	0,23	0,23	0,66	0,55
Pyrrhocorax pyrrhocorax (L.)	390	0,66	0,65	0,23	0,23	0,67	0,54
Graculus graculus (L.)	223	0,64	0,60	0,23	0,21	0,72	0,52
Nucifraga caryocatactes (L.)	161	0,62	0,66	0,20	0,21	0,66	0,44
Coracias garrulus (L.)	128	0,79	0,76	0,19	0,19	0,67	0,51
Pica pica (L.)	214	0,65	0,61	0,18	0,17	0,53	0,53
Garrulus glandarius (L.)	160	0,71	0,75	0,20	0,21	0,73	0,53
Upupa epops (L.)	91	0,63	0,74	0,20	0,23	0,58	0,55
Xanthoura yncas (Bodd.)	71,30	0,72	0,74	0,21	0,22	0,70	0,53
VII. Passereaux ramo-planeurs.							
Cuculus canorus (L.)	104	0,80	0,84	0,27	0,28	0,85	0,56
Caprimulgus europæus (L.)	92	0,84	0,97	0,31	0,35	0,66	0,50
Apus apus (L.)	36,20	0,96	0,88	0,42	0,38	0,60	0,37
Chelidon rustica (L.)	18,35	0,79	0,75	0,24	0,23	0,83	0,57
Hirundo urbica (L.)	14,35	0,78	0,76	0,22	0,22	0,74	0,59
Riparia rupestris (Scop.)	15,50	0,79	0,76	0,24	0,23	0,82	0,57
VIII. Palmipèdes ramo-planeurs.							
Phalacrocorax carbo (L.)	2 115	1,19	0,82	0,30	0,21	0,61	0,50
Puffinus puffinus (Brünn.)	342	0,97	0,87	0,25	0,23	0,57	0,48
Larus argentatus (Pontopp.)	1 189	0,80	0,70	0,23	0,20	0,43	0,50
— *canus* (L.)	367	0,83	0,85	0,22	0,22	0,47	0,52
Rissa tridactyla (L.)	488	0,86	0,89	0,24	0,25	0,50	0,46
Larus ridibundus (L.)	261	0,95	0,80	0,21	0,26	0,46	0,49
Sterna hirundo (L.)	118	1	0,94	0,30	0,27	0,55	0,44
IX. Passereaux rameurs a vol soutenu.							
Muscicapa striata (Pallas)	14,35	0,76	0,71	0,24	0,23	0,82	0,60
Ficedula hypoleuca (Pall.)	12,50	0,64	0,57	0,23	0,21	0,68	0,56
Alauda arvensis (L.)	28,30	0,82	0,78	0,29	0,28	0,85	0,65

	Poids du corps.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'os coracoïdien à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
Anthus pratensis (L.)	18	0,74	0,70	0,28	0,27	0,68	0,64
— *trivialis* (L.)	20,70	0,84	0,74	0,27	0,24	0,73	0,61
Motacilla alba (L.)	22	0,82	0,79	0,32	0,31	0,82	0,62
— *flava* (L.)	16,50	0,86	0,78	0,29	0,26	0,86	0,59
— *cinerea* (Tünstall.)	16	0,80	0,80	0,28	0,28	0,76	0,60
Lanius excubitor (L.)	50,50	0,73	0,62	0,24	0,20	0,75	0,62
— *senator* (L.)	26,10	0,70	0,63	0,23	0,21	0,66	0,60
— *collurio* (L.)	30,95	0,63	0,62	0,17	0,17	0,70	0,57
Luscinia megarhyncha (Brehm.)	17,10	0,73	0,63	0,23	0,20	0,70	0,66
Erythacus rubecula (L.)	17,75	0,61	0,65	0,19	0,20	0,76	0,50
Phœnicurus phœnicurus (L.)	13	0,76	0,68	0,26	0,24	0,59	0,59
— *ochrurus gibraltariensis* (Gm.)	16,95	0,70	0,72	0,25	0,26	0,62	0,54
Pratincola rubetra (L.)	13,05	0,70	0,60	0,24	0,20	0,85	0,65
— *rubicola* (L.)	11,45	0,64	0,61	0,24	0,23	0,80	0,60
Phylloscopus bonellii (Vieill.)	7,65	0,71	0,59	0,22	0,20	0,68	0,60
— *rufus* (Bechst.)	5,25	0,52	0,50	0,21	0,19	0,57	0,53
Oriolus oriolus (L.)	72	0,90	0,79	0,27	0,24	0,76	0,62
Monticola solitarius (L.)	62,80	0,65	0,65	0,22	0,22	0,70	0,55
— *saxatilis* (L.)	47,50	0,71	0,68	0,27	0,26	0,66	0,58
Turdus merula (L.)	91,50	0,75	0,66	0,24	0,22	0,71	0,57
— *naumanni* (Temm.)	76,20	0,82	0,74	0,26	0,24	0,70	0,56
— *viscivorus* (L.)	106	0,78	0,78	0,27	0,27	0,80	0,57
— *pilaris* (L.)	98	0,75	0,83	0,28	0,28	0,76	0,58
— *musicus* (L.)	70,30	0,82	0,82	0,26	0,26	0,77	0,58
— *iliacus* (L.)	56	0,86	0,78	0,28	0,26	0,78	0,62
— *torquatus* (L.)	96,50	0,74	0,68	0,25	0,23	0,65	0,58
Sturnus vulgaris (L.)	79,50	0,88	0,88	0,26	0,26	0,74	0,58
Loxia curvirostra (L.)	47,60	0,88	0,75	0,33	0,27	0,71	0,63
Coccothraustes coccothraustes (L.)	42	0,83	0,72	0,28	0,25	0,74	0,63
Pyrrhula pyrrhula europæa (Vieillot)	21,40	0,72	0,64	0,28	0,25	0,72	0,61
Serinus canarius serinus (L.)	8,35	0,89	0,85	0,29	0,29	0,68	0,74
Chloris chloris (L.)	23,70	0,86	0,83	0,31	0,30	0,62	0,62
Fringilla cælebs (L.)	21,15	0,86	0,92	0,30	0,32	0,65	0,58
— *montifrinfilla* (L.)	25,10	0,74	0,73	0,25	0,25	0,61	0,50
Passer domestica (L.)	30	0,72	0,64	0,24	0,21	0,74	0,58
— *montana* (L.)	15,20	0,89	0,78	0,30	0,26	0,80	0,64
Petronia petronia (L.)	25	0,92	0,84	0,27	0,25	0,71	0,64
Carduelis carduelis (L.)	16,65	0,82	0,72	0,29	0,25	0,70	0,66
Spinus spinus (L.)	11,80	0,66	0,68	0,26	0,27	0,70	0,61
Acanthis cannabina (L.)	15,80	0,84	0,72	0,32	0,27	0,80	0,60
Spinus citrinella (L.)	11,95	0,78	0,85	0,28	0,30	0,61	0,65
Emberiza citrinella (L.)	25	0,92	0,83	0,30	0,28	0,75	0,61
— *cirlus* (L.)	23,10	0,83	0,80	0,27	0,26	0,62	0,52
— *hortulana* (L.)	33	0,78	0,71	0,28	0,25	0,62	0,56
— *cia* (L.)	21,40	0,72	0,73	0,25	0,28	0,65	0,61
— *schœniclus* (L.)	20	0,80	0,71	0,31	0,25	0,69	0,62
Regulus regulus (L.)	3,80	0,54	0,56	0,16	0,16	0,64	0,57

	Poids du corps.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la hauteur maxim du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'os caracoïdien à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
X. PASSEREAUX RAMEURS A VOL PEU SOUTENU.							
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)........	14,30	0,70	0,62	0,22	0,20	0,66	0,57
Sylvia atricapilla (L.)....................	16,25	0,55	0,46	0,19	0,16	0,71	0,59
Sylvia simplex (Lath)....................	15,80	0,68	0,62	0,24	0,22	0,80	0,68
— *communis* (Lath)..................	18,65	0,52	0,51	0,16	0,16	0,67	0,58
Prunella modularis (L.)..................	18	0,64	0,60	0,15	0,14	0,68	0,61
Hypolais icterina (Vieill.)................	10,65	0,71	0,58	0,22	0,18	0,72	0,59
Acrocephalus cirpaceus (Herm)............	12,80	0,51	0,51	0,17	0,17	0,60	0,55
— *schœnobænus* (L.)	10,40	0,64	0,53	0,22	0,19	0,73	0,59
Parus major (L.)........................	21,45	0,59	0,61	0,21	0,21	0,60	0,57
— *cæruleus* (L.).....................	11	0,58	0,59	0,22	0,22	0,54	0,63
— *cristatus mitratus* (Brehm)...........	10,20	0,57	0,58	0,18	0,19	0,60	0,60
— *palustris longirostris* (Kleinsch).......	10,90	0,54	0,60	0,22	0,25	0,54	0,63
— *palustris communis* (Kleinsch)........	11,75	0,61	0,70	0,19	0,22	0,52	0,57
Ægithalus caudatus (L.)................	8	0,65	0,68	0,25	0,26	0,70	0,55
Gecinus viridis (L.)....................	156	0,76	0,80	0,22	0,22	0,59	0,62
Dryobates major pinetorum (Br.)...........	73	0,71	0,71	0,25	0,25	0,62	0,58
Dryobates minor hortorum (Brehm)..........	15,50	0,77	0,75	0,24	0,23	0,56	0,59
Jynx torquilla (L.)......................	37,30	0,71	0,66	0,23	0,27	0,59	0,62
Certhia brachydactyla (Brehm)..............	8,50	0,53	0,64	0,19	0,23	0,58	0,53
Sitta europæa cœsia (Wolf)...............	21,10	0,68	0,70	0,17	0,18	0,57	0,58
Tichodroma muraria (L.)..................	15	0,69	0,60	0,16	0,14	0,54	0,60
Troglodytes troglodytes (L.)................	10,10	0,50	0,40	0,13	0,11	0,64	0,60
XI. PASSEREAUX VIBRATEURS.							
Eupherusa eximia (Del.).................	2,85	1,34	1,34	0,63	0,63	0,31	0,42
XII. ÉCHASSIERS RAMEURS TERRESTRES.							
Otis tarda (L.).........................	8 950	0,89	0,92	0,28	0,30	0,48	0,48
— *tetrax* (L.)........................	830	1,13	1,07	0,29	0,27	0,53	0,45
Burhinus œdicnemus (L.)................	522	0,99	1,01	0,28	0,29	0,47	0,43
Charadrius apricarius (L.)...............	178	0,15	1,25	0,35	0,30	0,53	0,46
— *morinellus* (L.)...............	90	1,09	1,16	0,39	0,41	0,60	0,42
Crex crex (L.).........................	155	0,94	0,71	0,28	0,21	0,14	0,44
Scolopax rusticola (L.).................	322	1,09	1,07	0,39	0,38	0,55	0,45
XIII. ÉCHASSIERS RAMEURS RIVERAINS.							
Numenius arquatus (L.).................	768	1	1	0,36	0,35	0,43	0,41
Hæmatopus ostralegus (L.)...............	438	0,91	0,90	0,31	0,30	0,50	0,40
Charadrius hiaticula (L.)...	62,20	1,03	1,02	0,35	0,35	0,50	0,38
Squatarola squatorola (L.)...............	216	1,05	1,03	0,33	0,32	0,46	0,43
Gallinago gallinago (L.)................	95,50	1,22	1,05	0,43	0,37	0,56	0,39
Limnocryptes gallinula (L.)..............	57	1,11	1,07	0,33	0,32	0,31	0,39
Canutus canutus (L.)..................	88	0,96	0,89	0,40	0,37	0,72	0,42
Erolia alpina (L.).....................	44	0,98	0,94	0,36	0,35	0,50	0,36

	Poids du corps.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'os coracoïdien à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
Arenaria interpres (L.)	107,80	1,03	1,08	0,36	0,38	0,65	0,42
Calidris leucophæa (Pall.)	41,90	0,86	0,83	0,34	0,33	0,68	0,34
Machetes pugnax (L.)	180	1,08	0,98	0,39	0,35	0,53	0,46
Tringa nebularius (Günn.)	156	1,09	1,03	0,37	0,35	0,44	0,40
— *erythropus* (Pall.)	133	1,03	1	0,37	0,35	0,70	0,43
— *totanus* (L.)	133	1,07	1	0,35	0,32	0,54	0,35
— *ochrophus* (L.)	72,70	1,22	1,13	0,39	0,36	0,50	0,43
— *hypoleucus* (L.)	48,50	0,93	0,89	0,35	0,34	0,46	0,31
Limosa lapponica (L.)	197	1,15	1,06	0,41	0,38	0,51	0,51
— *limosa* (L.)	228	0,98	0,96	0,34	0,33	0,45	0,44
Recurvirostra avocetta (L.)	295	1,05	0,95	0,28	0,26	0,51	0,46
XIV. Colombins rameurs.							
Columba palumbus (L.)	495	1,13	1,20	0,37	0,40	0,73	0,54
— *œnas* (L.)	306	1,23	1,27	0,37	0,38	0,74	0,50
Turtur turtur (L.)	178	1,10	1,14	0,37	0,38	0,64	0,39
XV. Gallinacés rameurs.							
Tetrao urogallus (L.) ♂	3 361	1,05	1,11	0,36	0,37	0,56	0,54
— *urogallus* (L.) ♀	1 890	1,06	1,13	0,35	0,36	0,56	0,55
Lyrurus tetrix (L.) ♂	1 030	1,11	0,98	0,34	0,30	0,69	0,58
— *tetrix* (L.) ♀	940	1,06	0,97	0,31	0,28	0,66	0,53
Tetrao medius (Mey)	1 193	1,13	1,04	0,32	0,29	0,64	0,57
Lagopus mutus (Martin)	462,50	0,71	0,79	0,27	0,29	0,54	0,45
— *lagopus* (L.)	620	0,89	0,85	0,30	0,29	0,55	0,46
— *scoticus* (Lath.)	624	0,97	0,87	0,33	0,30	0,58	0,45
Tetrastes bonasia (L.)	278	0,95	0,88	0,38	0,35	0,52	0,49
Caccabis rufa (L.)	490	0,82	0,81	0,24	0,23	0,40	0,49
— *saxatilis* (Mey. et Wolf)	606,50	0,67	0,67	0,21	0,20	0,42	0,47
Perdix perdix (L.)	387	0,89	0,90	0,31	0,31	0,40	0,52
Coturnix coturnix (L.)	83,20	0,71	0,54	0,32	0,24	0,50	0,55
Colinus pectoralis (Gould)	131,50	0,88	0,84	0,29	0,28	0,58	0,54
Rhynchotus rufescens (Temm.)	821,70	0,66	0,67	0,22	0,22	0,41	0,48
XVI. Palmipèdes nageurs rameurs.							
Cygnus cygnus (L.)	5 925	1,22	0,94	0,28	0,21	0,55	0,56
Anser fabalis (Lath.)	3 110	1,08	1,12	0,24	0,25	0,54	0,51
— *anser* (L.)	3 065	1,17	1,09	0,25	0,24	0,64	0,51
— *albifrons* (Scop.)	1 715	1,11	0,99	0,27	0,24	0,53	0,48
Branta bernicla (L.)	1 273	1,10	1,01	0,24	0,22	0,55	0,51
— *leucopsis* (Bechst.)	1 150	1,10	1	0,25	0,22	0,54	0,50
Anas platyrhynchus (L.)	1 105	1,06	0,99	0,22	0,20	0,56	0,53
Spatula clypeata (L.)	633	1,10	1,05	0,23	0,22	0,51	0,57
Dafila acuta (L.)	955	1,06	0,95	0,24	0,21	0,54	0,54
Mareca penelope (L.)	830	1,01	1	0,22	0,25	0,68	0,45
Querquedula crecca (L.)	293	0,94	0,98	0,27	0,25	0,60	0,51

	Poids du corps.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur de l'oscaracoïdien à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.						
Querquedula querquedula (L.)	327	1,09	1	0,23	0,21	0,63	0,56
Clangula clangula (L.)	622	1,06	1,01	0,21	0,20	0,70	0,53
Nyroca nyroca (Güld.)	512	0,98	0,97	0,21	0,20	0,65	0,50
— *fuligula* (L.)	741	0,97	1,03	0,20	0,22	0,64	0,52
— *ferina* (L.)	842	0,95	0,90	0,20	0,19	0,61	0,50
— *marila* (L.)	675	1,12	1,15	0,23	0,24	0,83	0,57
Oidemia nigra (L.)	870	1,14	1,14	0,24	0,24	0,75	0,51
— *fusca* (L.)	1 578	1,15	1,12	0,23	0,22	0,70	0,50
XVII. Palmipèdes plongeurs rameurs.							
Mergus serrator (L.)	818	1,28	1,09	0,19	0,16	0,60	0,51
— *merganser* (L.)	1 470	1,09	1,03	0,17	0,15	0,61	0,52
— *albellus* (L.)	495	1,01	0,99	0,21	0,20	0,63	0,53
Colymbus cristatus (L.)	790	0,88	0,82	0,24	0,23	0,58	0,41
— *griseigena* (Bodd.)	480	0,93	0,90	0,23	0,22	0,60	0,42
— *ruficollis* (Pall.)	180	0,67	0,79	0,15	0,16	0,74	0,44
Gavia septentrionalis (L.)	957	1,62	1,32	0,25	0,17	0,62	0,53
Gavia arctica (L.)	1 495	1,74	1,35	0,21	0,17	0,69	0,52
Alca torda (L.)	780	1,46	1,39	0,26	0,24	0,43	0,38
Uria troille (L.)	1 010	1,50	1,34	0,26	0,24	0,37	0,37
Fratercula arctica (L.)	272	1,40	1,30	0,25	0,22	0,40	0,40
Alle alle (L.)	91,20	1,35	1,30	0,24	0,22	0,40	0,40
XVIII. Échassiers plongeurs rameurs.							
Fulica atra (L.)	578	0,70	0,59	0,14	0,12	0,48	0,39
Gallinula chloropus (L.)	265	0,74	0,56	0,23	0,17	0,31	0,45
Porzana porzana (L.)	69	0,92	0,61	0,26	0,17	0,24	0,46
Rallus aquaticus (L.)	128	0,81	0,58	0,29	0,21	0,15	0,39
XIX. Passereaux plongeurs rameurs.							
Alcedo ispida (L.)	36,40	0,84	0,78	0,21	0,20	0,66	0,61
XX. Oiseaux coureurs ou ne volant pas.							
Rhea americana (L.)	10 555	0,77	»	»	»	0,45	0,38
Spheniscus demersus (L.)	2 944	0,93	0,88	0,18	0,17	0,27	0,46

abdominale du sternum. La largeur du sternum a été mesuré à cette même extrémité pour avoir des chiffres comparables.

Dans la généralité des cas, cette plus grande largeur se trouve à l'extrémité abdominale du sternum : quelquefois cependant elle est située au quart ou au tiers inférieur de l'appareil sternal, comme chez les Colombins et les Gallinacés.

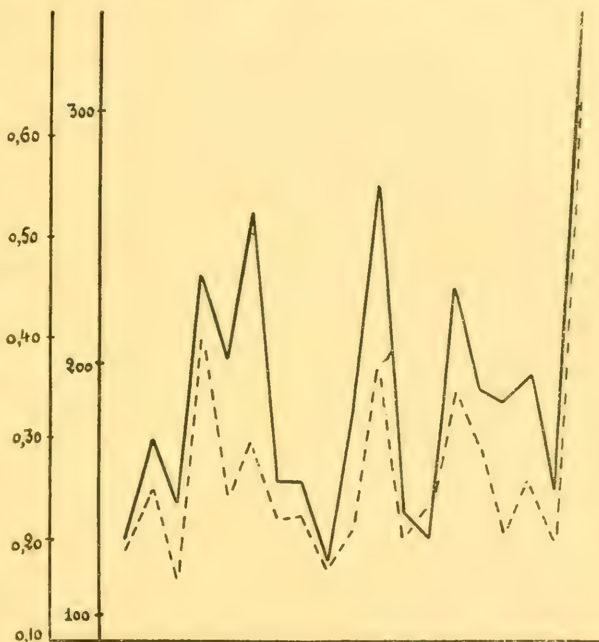
Voici les résultats moyens que j'ai obtenus :

	Poids du corps.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la hauteur maxima du bréchet à la distance G. C.	Rapport de la longueur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.	Rapport de la longueur du sternum à la distance G. C.	Rapport de la largeur du sternum à la $\sqrt[3]{P}$.
	Gr.					
Rapaces diurnes voiliers............	1 869,5	0,16	0,15	0,66	0,66	0,54
Rapaces nocturnes ramo-planeurs ..	466,4	0,17	0,15	0,53	0,53	0,59
Palmipèdes voiliers	2 552,7	0,19	0,18	0,75	0,75	0,52
Corvidés ramo-planeurs.............	272	0,20	0,21	0,68	0,69	0,65
Rapaces diurnes ramo-planeurs	423,7	0,21	0,19	0,79	0,72	0,59
Passereaux plongeurs rameurs	36,4	0,21	0,20	0,84	0,78	0,66
Palmipèdes nageurs rameurs........	1 380	0,23	0,22	1,07	1,02	0,61
— ramo-planeurs	697,1	0,25	0,23	0,94	0,83	0,51
Échassiers ramo-planeurs	2 301,6	0,25	0,23	0,90	0,82	0,43
Passereaux rameurs à vol soutenu..	33,1	0,26	0,24	0,76	0,72	0,71
— ramo-planeurs	46,7	0,28	0,28	0,82	0,82	0,75
Gallinacés rameurs.................	861,2	0,30	0,28	0,90	0,87	0,53
Échassiers rameurs terrestres	1 578,1	0,32	0,30	1,04	1,02	0,47
Échassiers rameurs riverains	176,9	0,35	0,34	1,03	0,99	0,52
Colombins rameurs	326,3	0,37	0,38	1,15	1,20	0,70
Passereaux vibrateurs	2,85	0,63	0,63	1,34	1,34	0,31
....	»	»	»	»	»	»
Passereaux rameurs à vol peu soutenu.	23,9	0,20	0,20	0,62	0,61	0,62
Palmipèdes plongeurs rameurs	736,5	0,22	0,19	1,24	1,13	0,55
Échassiers plongeurs rameurs.......	260	0,23	0,16	0,79	0,58	0,29

La largeur du sternum paraît la plus grande chez les Passereaux, la plus petite chez les Palmipèdes plongeurs, sans qu'il y ait, à mon avis, d'autres indications à en tirer pour l'instant, en ce qui concerne le vol. On peut se rendre compte de l'importance du développement du sternum par l'examen de la planche XIV où ces organes sont photographiés vus de face et ramenés aux dimensions qu'ils auraient si tous les Oiseaux pesaient le même poids.

Par contre, le classement que fournit l'étude du bréchet est très voisin de celui que donne le poids relatif des muscles pectoraux. Les variations de cet organe sont encore plus typiques si l'on étudie les rapports individuels. Leurs relations directes avec le développement des pectoraux ressort encore mieux de l'examen du graphique construit en portant sur les

ordonnées les valeurs proportionnelles des pectoraux et des bréchets correspondant à chacun des groupes d'Oiseaux (fig. 29). Nos conclusions sont donc indiscutables. Le développement du bréchet est bien lié à celui des muscles pectoraux. ALIX (*1*) pensait avec CUVIER que les Oiseaux de proie diurnes ont le sternum grand avec une crête saillante, tout comme les Rapaces nocturnes d'ailleurs. C'est le contraire qui est vrai. Un bréchet peu élevé et un sternum peu long correspondent toujours à des ailes longues et de grande surface. L'espèce à laquelle ils appartiennent vole à voile ou donne des coups d'ailes lents : Rapaces et Palmipèdes voiliers, Rapaces nocturnes ramo-planeurs. Un bréchet assez élevé avec un sternum plus long indique l'existence chez l'Oiseau d'ailes de surface assez grande ou moyenne. L'individu possesseur d'un tel système osseux bat des ailes avec une fréquence relative : Rapaces diurnes, Échassiers et Corvidés ramo-planeurs. Enfin, un bréchet très élevé et un sternum long accompagnent toujours des ailes de surface petite ou moyenne. L'animal, qui en est pourvu, vole à l'aide de battements rapides ou très rapides : Passereaux ramo-planeurs et ra-



Échelle du bréchet.

Échelle des muscles pectoraux.

Fig. 29. — Courbes de la variation du poids relatif des muscles pectoraux et de la hauteur relative du bréchet suivant le mode de vol.
——— Muscles pectoraux.
— — — Bréchet.

meurs, Gallinacés, Colombins, Échassiers, Passereaux vibrateurs chez lesquels la hauteur du bréchet est la plus grande, alors qu'elle est presque la plus réduite chez les Troglodytes, qui ne volent qu'exceptionnellement. L'étude précédente s'applique aux Oiseaux carinatés, c'est-à-dire capables de s'enlever et de voler bien ou mal. Les Oiseaux, qui sont dans l'impossibilité de quitter le sol et qui ont perdu la faculté de voler, comme les Autruches, n'ont pas de bréchet à leur sternum. De plus, leurs muscles pectoraux sont très atrophiés. Ainsi, j'ai trouvé pour ceux-ci un poids relatif de 5,7, chez le Nandou. Par contre, le poids relatif des muscles pectoraux est de 95,1 chez le Pingouin du Cap, dont les ailes sont très réduites et se sont transformées en palettes natatoires; il se révèle donc presque aussi élevé que chez certains bons volateurs. Mais ces ailes atrophiées battent constamment dans l'eau pendant les plongées pour assurer la progression de l'animal, et il en résulte un effort assez considérable. C'est pour cette raison que les pectoraux de cet Oiseau sont assez volumineux.

La puissance relative des moteurs aviaires ainsi que leur forme générale ressort avec netteté de l'examen des planches XII et XIII, qui renferment les sternums et bréchets types des divers groupes d'Oiseaux ramenés au poids de 1 gramme et grossis trois fois. J'ajouterai que les résultats restent les mêmes, que l'on compare la hauteur du bréchet à la racine cubique du poids de l'animal ou à la longueur G. C. qui sépare l'articulation de l'épaule de celle de la hanche.

Ce dernier rapport, établi par moi pour la première fois, présente un véritable intérêt, car il permet de définir le genre de vol d'Oiseaux dont on ne possède pas le poids, mais seulement le squelette. En divisant l'envergure osseuse et les dimensions du bréchet par la distance qui sépare la cavité glénoïde de la cavité cotyloïde, on trouve des chiffres grâce auxquels il devient possible de connaître, en effet, le mode de vol des individus ayant vécu au cours des diverses périodes géologiques.

Alix (*1*) avait cru pouvoir affirmer que l'os coracoïdien présente une grande longueur chez les Palmipèdes totipalmes, chez la Frégate, en particulier, sa longueur suppléant à la

brièveté du sternum et augmentant l'étendue de la surface d'insertion du grand pectoral. Sa longueur serait encore remarquable chez les Manchots, les Cigognes, les Hérons, les Gallinacés, les Colombidés et les Rapaces. Voici les rapports moyens que j'ai trouvés en comparant la longueur réelle de l'os coracoïdien à la racine cubique du poids.

	Longueur relative de l'os cora-coïdien		Largeur relative de l'os cora coïdien
Échassiers rameurs riverains..	0,40	Gallinacés rameurs..........	0,51
Passereaux vibrateurs.......	0,42	Rapaces nocturnes ramo-planeurs....................	0,52
Echassiers plongeurs rameurs.	0,42	Corvidés ramo-planeurs......	0,52
Echassiers rameurs terrestres.	0,44	Passereaux ramo-planeurs....	0,52
Palmipèdes plongeurs rameurs.	0,45	Échassiers ramo-planeurs.....	0,54
Colombins rameurs..........	0,47	Passereaux rameurs à vol soutenu.....................	0,59
Palmipèdes ramo-planeurs...	0,48	Passereaux rameurs à vol peu soutenu..................	0,59
Palmipèdes voiliers..........	0,48	Passereaux plongeurs rameurs.	0,61
Rapaces diurnes ramo-planeurs	0,49		
Rapaces diurnes voiliers......	0,50		
Palmipèdes nageurs rameurs..	0,51		

Ces résultats basés sur des mesures précises sont presque à l'inverse de ceux fournis par Alix et fondés sur l'observation simple. Ce sont les Passereaux qui ont proportionnellement l'os coracoïdien le plus long, ce qui accroît les surfaces d'insertion et par conséquent la longueur des muscles pectoraux chez ces animaux, alors que les Oiseaux d'eau, au contraire, sont dans l'ensemble parmi ceux qui ont relativement l'os le plus court. Or il est bon de rappeler que ces groupes se révèlent comme possédant le sternum le plus long.

CHAPITRE IX

La forme du corps.

La largeur et la hauteur maxima du corps. Le maître-couple. Sa forme et sa position suivant les groupes d'Oiseaux. Le centre de gravité. Technique de sa détermination. Sa position suivant les divers types.

Si les caractéristiques des Oiseaux sont intimement liées à la manière dont ces animaux se déplacent dans les airs, la forme de leur corps est de même le résultat d'une adaptation à la locomotion aérienne.

Fabrice d'Acquapendent (*22*) avait signalé que l'ensemble du corps de l'Oiseau affecte une forme pyramidale bien disposée pour fendre l'air et que, pour mieux concourir à ce but, les pattes viennent se placer sous le ventre.

Alix (*1*) de son côté, sans apporter de précision d'ailleurs, avait remarqué que le tronc de l'Oiseau affecte la forme d'un ovoïde avec le gros bout tourné en avant. C'est là une proposition exacte si l'on considère la masse seule des régions thoraciques et lombo-sacrées, comme j'ai pu le montrer de façon évidente par l'étude du maître-couple de cette partie du corps de l'Oiseau.

Cette étude n'a pas fait l'objet de recherches précises. Seul Cousin (*18*), sans avoir déterminé expérimentalement la forme du maître-couple, a dit que celui-ci serait, selon lui, le plan passant par les épaules et le bord antérieur de l'arête sternale ou bréchet, dont la forme serait sensiblement celle d'un triangle curviligne. Ce plan serait incliné de haut en bas et d'avant en arrière sur l'horizon, de façon à se présenter à l'air sous une ligne fuyante. Cette inclinaison varierait forcément suivant les espèces et leur donnerait leur aptitude à la vitesse.

Amans, en 1888, dans un travail intéressant par ses conceptions nouvelles, avait étudié quelques formes typiques de Poissons. Ses recherches l'avaient amené, entre autres, à mettre

en évidence le renflement antérieur du corps du Poisson et à en décrire le maître-couple. On a souvent songé à caractériser la forme du Poisson par celle d'un ovoïde dont le gros bout serait en avant. Le maître-couple, par conséquent la plus grande section transversale, apparaîtrait dans ce cas comme un cercle qui se projetterait sur le plan vertical selon une droite perpendiculaire à l'axe du corps.

Mais, comme l'a montré C. WEHYER (*89*), sur le Brochet, le corps du Poisson est aplati à l'avant dorso-ventralement, c'est-à-dire dans le plan horizontal. A l'arrière, il est aplati en sens inverse, c'est-à-dire latéralement, dans le plan vertical. Dans ces conditions, l'ovoïde de révolution qu'est le corps du Poisson ainsi inversé aura un maître-couple qui ne sera plus un cercle, mais une courbe compliquée. Projeté sur le plan vertical, ce maître-couple figurera une courbe parabolique dont le sommet se trouvera du côté de la tête, donc du gros bout, parce que l'inversion a amené les parties latérales postérieures en avant. Projeté sur le plan horizontal, il se montrera sous l'aspect d'une courbe parabolique dont le sommet sera situé du côté de la queue, donc de la partie effilée, sur les lignes dorsale et ventrale, parce que l'inversion a amené aussi les parties dorsale et ventrale antérieures en arrière.

Il m'a paru utile de bien préciser cette question. C'est pourquoi je me suis livré d'abord, chez les Poissons, puis chez les Oiseaux, à une étude approfondie du maître-couple, dont j'ai recherché sur de nombreuses espèces la forme, la position et les dimensions, en m'en tenant en particulier à la projection sur les plans vertical et horizontal. Celle-ci est la ligne qui se projette sur le corps de l'animal, dans le premier cas, lorsqu'il est couché sur le côté, dans le second lorsqu'il est placé, par exemple, sur le dos.

Pour déterminer exactement le maître-couple de mes sujets d'expérience, j'ai fait construire une série d'appareils analogues à ceux qu'a utilisés HOUSSAY (*31*), mais de grandeurs différentes de façon à rendre les manœuvres plus [faciles. Chaque appareil se compose d'un plateau de bois sur lequel sont fixées deux tiges de cuivre graduées en millimètres. Ces deux tiges possèdent des anneaux pouvant glisser facilement de haut en

bas, et réciproquement, et auxquels sont attachées les extrémités d'un fil de nickel que l'on maintient très tendu à l'aide de vis. Enfin, au milieu de la planche, se trouve rapportée une planchette munie d'un repère et qui peut glisser d'avant en arrière le long d'une règle graduée (fig. 30).

Pour déterminer le maître-couple sur le corps de l'animal, je place ce dernier couché, sur le côté par exemple, sur la planchette, de façon à ce que son grand axe soit parallèle à la ligne qui joint les pieds des tiges de cuivre, son bord ventral se trouvant à la hauteur de cette ligne. Comme le plan de symétrie du corps se trouve penché vers le bord ventral et vers la queue, je soulève l'abdomen et la région caudale, et je maintiens le corps à l'aide de plaques de liège de manière à ce que son plan de symétrie soit bien horizontal. Je déplace alors mes anneaux jusqu'à ce que, ceux-ci mis sur deux divisions correspondantes des tiges, le fil vienne toucher en un point la ligne ventrale de l'animal. J'ai ainsi le point ventral du maître-couple, que je marque avec une épingle. Je note la hauteur du fil et la division qui est en regard du repère de la planchette. Je relève le fil. Je pousse ensuite la planchette mobile ; une autre tranche du corps arrive dans le plan passant par les tiges de cuivre ; de nouveau, je descends mon fil de nickel et j'obtiens un deuxième contact sur lequel j'enfonce une seconde épingle. Je note à nouveau la hauteur du fil et la division où se trouve le repère. Je recommence l'opération jusqu'à ce que j'arrive à la ligne dorsale du corps. Toutes mes épingles dessinent sur le corps une ligne qui représente le maître-couple, en même temps que mes graduations me donnent tous les éléments pour obtenir le contour apparent de ce maître-couple.

Pour les Oiseaux, on obtient les mêmes résultats, que l'animal soit intact ou déplumé, mais il est plus commode d'opérer avec des individus privés des plumes du corps, si l'on veut fixer les rapports du maître-couple avec les autres parties de l'organisme.

J'ai ainsi montré que, chez les Poissons qui sont rapides comme le Saumon, la courbe, formée par le maître-couple projeté sur le plan vertical, est régulière. Son sommet est situé

presque sur l'axe du corps et ses branches, très écartées, font entre elles un angle de 130°. Par contre, chez les Poissons très rapides ou chez ceux qui sont très lents, la forme du maître-couple, tout en conservant l'allure générale indiquée ci-dessus, est modifiée. Les Poissons très rapides, comme le

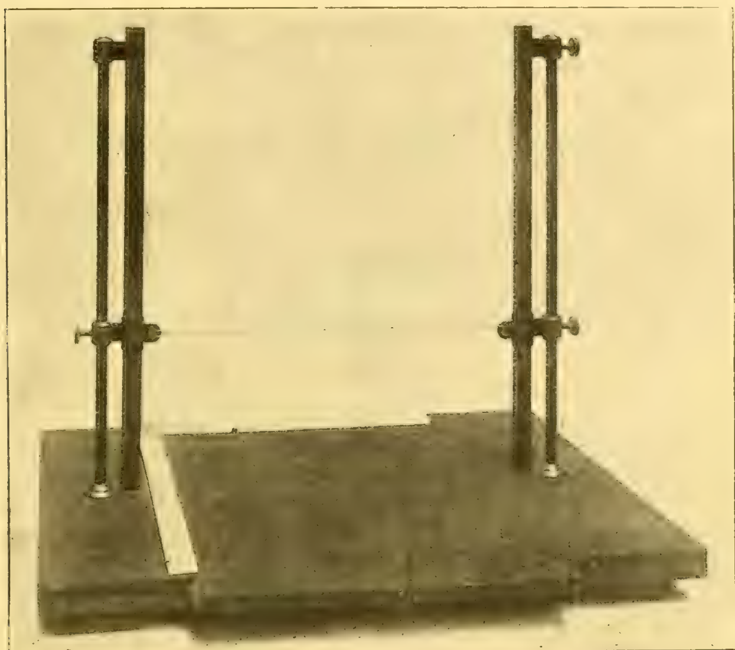


Fig. 30. — Appareil pour la détermination du maître-couple.

Requin, le Brochet, ont un maître-couple très allongé. Le sommet de la courbe voisin de l'axe du corps donne naissance à deux branches qui fuient vers l'arrière. Au contraire, les Poissons lents, comme le Grondin, ont un maître-couple dont la courbe est peu accentuée. Dans son ensemble, celle-ci forme presque une droite perpendiculaire à l'axe du corps. J'ai établi aussi que la plus grande hauteur du corps du Poisson se trouve à l'endroit où les branches de la courbe formée par le maître-couple rencontrent les lignes dorsale et ventrale et la plus grande épaisseur au sommet de la même courbe, ce qui est logique étant donnée l'inversion signalée plus haut ; mais, et c'est là un point nouveau et important, cette plus

grande hauteur est très voisine du milieu du corps chez les Poissons rapides comme le Requin, la Truite, le Brochet, si bien que j'ai été amené à considérer le corps de ces animaux comme grossièrement formé d'un cône allongé, la moitié postérieure du corps, et d'une calotte sphérique, la tête, séparés par un tronc de cône à grande base postérieure. C'est la forme de moindre résistance à l'avancement dans l'eau pour les grandes vitesses. Par contre, à mesure que le maître-couple se rapproche de la tête, la rapidité du Poisson diminue en même temps que sa forme le rend moins bon nageur. L'ovoïde de révolution constitué par une calotte sphérique, la tête, surmontée à sa base d'un cône de révolution, correspond donc à une forme assez défectueuse de Poisson. En effet, lorsque le maître-couple est très près de la tête de l'animal, on a toujours affaire à des espèces vivant plutôt dans les bas-fonds et qui, sans être immobiles, sont susceptibles de rester assez longtemps tranquilles.

Le maître-couple des Oiseaux possède une forme qui rappelle étrangement celle qu'il a chez les Poissons. On constate, dans l'une comme dans l'autre classe de Vertébrés, une inversion du corps, c'est-à-dire une compression en avant dans le plan horizontal et une compression en arrière dans le plan vertical. Le maître-couple des Oiseaux projeté sur le plan vertical ou sur le plan horizontal a donc aussi la forme d'une courbe parabolique. Si l'animal est couché sur le côté, le sommet de la courbe est placé du côté de la tête, à l'endroit de la plus grande largeur du corps qui correspond toujours à la partie moyenne de l'articulation de l'épaule; il est sur l'axe du corps, c'est-à-dire sur la droite qui joint le bec à la queue. Le plan horizontal qui passe par cet axe divise le corps en deux parties fort inégales. La partie ventrale est de beaucoup la plus importante ; aussi la branche du maître-couple qui lui appartient est-elle la plus longue. Lorsque l'Oiseau est couché sur le dos, le sommet de la courbe est, au contraire, situé sur la ligne ventrale du côté de la queue, et les deux branches sont égales.

La forme et, par conséquent, la position de ce maître-couple varient aussi avec le mode de vol. Sa projection sur le plan horizontal est une courbe parabolique dont les branches

sont très écartées et dont le sommet est très en avant du corps proprement dit chez les voiliers et les ramo-planeurs. En ce qui concerne les rameurs, cette projection présente une forme allongée. Les branches qui naissent près des articulations de l'épaule fuient vers l'arrière en faisant un angle aigu et se rejoignent sur la ligne ventrale, vers le milieu du corps, à peine en avant du milieu des ailes. La pointe ventrale du maître-couple est donc en avant du corps pour les Oiseaux à faible moteur qui sont en général à vitesse réduite et beaucoup plus en arrière pour ceux munis d'un gros moteur dont le vol est rapide dans l'ensemble (fig. 31).

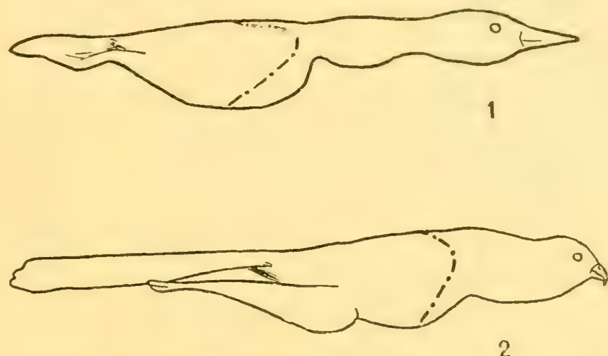


Fig. 31. — Forme et position du maître-couple.
1. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* (L.) (Palmipède nageur). — 2. Buse commune, *Buteo buteo* (L.) (Rapace diurne voilier.
— — — Maître-couple.

Voici d'ailleurs pour quelques espèces les distances relatives qui séparent la pointe ventrale du maître-couple de la ligne passant par le bord antérieur des ailes et que j'ai obtenues en divisant les distances réelles par la racine cubique du poids :

Buteo buteo (L.)	0,40	*Anser anser* (L.)	0,65
Accipiter gentilis (L.)	0,45	*Perdix perdix* (L.)	0,80
Larus ridibundus (L.)	0,50	*Uria troille* (L.)	0,80
Bubo bubo (L.)	0,50	*Anas platyrhynchus* L.	0,85

On voit que cette pointe ventrale du maître-couple est beaucoup plus éloignée chez les rameurs que chez les voiliers. comme le montrent très nettement les planches IV et V.

J'ai cherché à connaître aussi les hauteurs et largeurs maxima du corps privé de plumes, dimensions qui sont situées aux sommets de la courbe du maître-couple. Les longueurs que j'ai trouvées ont été déterminées rigoureusement avec un compas d'épaisseur. Je les ai rapportées à la racine cubique du poids. Voir les tableaux suivants :

	Poids du corps.	Largeur relative maxima du corps.	Hauteur relative maxima du corps.	Rapport de la largeur à la hauteur du corps.
	Gr.			
I. Rapaces diurnes voiliers.				
Gypaëtus barbatus grandis (Storr.)...	5 385	1,19	0,88	1,35
Hieraëtus fasciatus (Vieill.)........	2 060	1,02	0,79	1,30
Buteo buteo (L.)..................	1 027	1,14	0,82	1,39
Pernis apivorus (L.)..............	615	1,10	0,88	1,25
Circus cyaneus (L.)...............	471,50	1,18	0,79	1,48
— *pygargus* (L.)..............	236,50	1,16	1	1,16
— *macrurus* (Gmel.)...........	386	1,09	0,75	1,45
Milvus milvus (L.)................	927	1,23	0,92	1,33
II. Rapaces diurnes ramo-planeurs.				
Accipiter gentilis (L.)..............	708	0,95	0,73	1,26
— *nisus* (L.)...............	221	1,07	0,75	1,41
Falco peregrinus (Tunst.)..........	813	1,05	0,84	1,25
— *tinnunculus* (L.)............	172	0,94	0,86	1,14
— *columbarius regulus* (Pall.)....	145	1,02	0,81	1,25
— *subbuteo* (L.)...............	165	1,13	0,78	1,44
III. Rapaces nocturnes ramo-planeurs.				
Bubo bubo (L.)..................	1 720	1,16	0,87	1,30
Asio flammeus (Pont.)............	390	1,30	1,02	1,26
Otus scops (L.)..................	49,75	1,08	0,89	1,21
Tyto alba (L.)...................	279	1,14	0,82	1,38
IV. Échassiers ramo-planeurs.				
Ardea cinerea (L.)................	1 408	0,95	1,04	0,90
Nycticorax nycticorax (L.).........	512	0,87	1	0,86
Platalea leucorodia (L.)...........	1 565	1,03	0,97	1,06
Megalornis grus (L.)..............	4 175	1,05	0,99	1,06
V. Palmipèdes voiliers.				
Sula bassana (L.).................	2 690	1,07	0,64	1.66
Larus marinus (L.)................	1 915	1,04	0,87	1.20
VI. Palmipèdes ramo-planeurs.				
Larus argentatus (Pont.)...........	1 189	0,89	0,84	1,05
Rissa tridactyla (L.)...............	488	0,84	0,85	0,99
Larus ridibundus (L.).............	261	0,95	0,87	1,09
VII. Corvidés ramo-planeurs.				
Corvus. cornix (L.)................	633	1,01	0.90	1,11
Trypanocorax frugilegus (L.).......	470	1,09	0,86	1,26
Colœus monedula spermologus (Vieill.).	253	0,94	0,87	1,09
Graculus graculus (L.)............	223	1,03	0,95	1,08
Garrulus glandarius (L.)..........	160	0,88	0,90	0,97
Upupa epops (L.).................	91	0,97	0.88	1,09

	Poids du corps.	Largeur relative maxima du corps.	Hauteur relative maxima du corps.	Rapport de la largeur à la hauteur du corps.
	Gr.			
VIII. PASSEREAUX RAMO-PLANEURS.				
Caprimulgus europæus (L.)........	92	1,05	0,98	1,07
Apus apus (L.)...................	36,20	1,01	0,90	1,12
Chelidon rustica (L.).............	18,35	0,98	0,90	1,08
IX. PASSEREAUX RAMEURS A VOL SOUTENU.				
Muscicapa striata (Pall.)...........	14,35	0,90	0,97	0,95
Ficedula hypoleuca (Pall.)..........	12,50	0,99	0,99	1
Alauda arvensis (L.)..............	28,30	0,98	0,95	1,03
Anthus pratensis (L)..............	18	0,76	0,88	0,86
Motacilla alba (L.)	22	0,89	0,89	1
— *flava* (L.).............	16,50	0,78	0,82	0,95
Lanius excubitor (L.).............	50,50	0,86	0,92	0,94
— *collurio* (L.)................	30,95	0,92	0,83	1,11
Erythacus rubecula (L.)............	17,75	0,94	0,84	1,11
Phœnicurus ochrurus gibraltariensis (Gm.).........................	16,95	0,97	0,85	1,13
Pratincola rubetra (L).............	13,05	1,02	0,85	1,20
Phylloscopus bonellii (Vieill.).......	7,65	1,05	0,96	1,08
— *rufus* (Bechst.)........	5,25	1,01	0,86	1,16
Oriolus oriolus (L.)...............	72	1,08	0,90	1,18
Monticola solitarius (L.)...........	62,80	0,95	0,80	1,18
— *saxatilis* (L.)............	47,50	0,91	0,85	1,06
Turdus merula (L.)	91,50	0,95	0,80	1,19
— *naumanni* (Temm.)........	76,20	0,85	0,89	0,94
— *musicus* (L.)..............	70,30	0,89	0,89	1
— *iliacus* (L.)..............	56	0,96	0,96	1
Sturnus vulgaris (L)..............	79,50	0,81	0,76	1,06
Loxia curvirostra (L.)............	47,60	0,96	0,99	0,97
Fringilla montifringilla (L.)	25,10	0,84	0,84	1
Passer domestica (L.)..............	30	0,96	0,87	1,11
Petronia petronia (L.).............	25	0,85	0,93	0,91
Carduelis carduelis (L.)...........	16,65	0,98	0,98	1
Emberiza citrinella (L.)	25	0,92	0,92	1
— *cirlus* (L.)................	23,10	0,90	0,94	0,96
— *hortulana* (L.)	33	0,78	0,85	0,90
— *cia* (L.)...................	21,40	0,85	0,93	0,91
— *schœniclus* (L.	20	0,81	0,95	0,86
Regulus regulus (L.)	3,80	0,96	0,89	1,07
X. PASSEREAUX RAMEURS A VOL PEU SOUTENU.				
Cyanecula suesica cyanecula (Wolf.)..	14,30	0,78	0,90	0,85
Sylvia atricapilla (L.).............	16,25	0,86	0,79	1,12
— *communis* (Lath.)...........	18,65	0,90	0,79	1,14
Acrocephalus cirpaceus (Herm.)....	12,80	0,90	0,81	1,10
— *schœnobænus* (L.)	10,40	0,89	0,85	1,05
Parus cristatus mitratus (Brehm.)...	10,20	1,01	0,87	1,15
Gecinus viridis (L.)...............	156	0,96	0,83	1,15
Dryobates major pinetorum (Br.)....	73	1,07	0,91	1,18

	Poids du corps.	Largeur relative maxima du corps.	Hauteur relative maxima du corps.	Rapport de la largeur à la hauteur du corps.
	Gr.			
Jynx torquilla. (L.)	37,30	0,95	0,85	1,11
Sitta europæa cœsia (Wolf.)	21,10	0,90	0,79	1,13
Troglodytes troglodytes (L.)	10,10	0,85	0,73	1,17
XI. Échassiers rameurs terrestres.				
Otis tetrax (L.)	830	1,01	0,97	1,03
Burhinus œdicnemus (L.)	522	0,86	0,88	0,99
Charadrius apricarius (L.)	178	0,96	1	0,96
— *morinellus* (L.)	90	0,95	1,02	0,93
Crex crex (L.)	155	0,70	1,02	0,70
XII. Échassiers rameurs riverains.				
Numenius arquatus (L.)	768	0,88	0,93	0,95
Charadrius hiaticula (L.)	62,20	0,85	0,93	0,89
Squatarola squatarola (L.)	216	1	1,01	0,98
Canutus canutus (L.)	88	0,94	1,03	0,91
Arenaria interpres (L.)	107,80	0,94	0,82	1,15
Calidris leucophæa (Pall.)	41,90	0,83	0,92	0,90
Tringa nebularius (Günn.)	156	0,92	0,98	0,94
— *erythropus* (Pall.)	133	0,92	0,96	0,95
— *totanus* (L.)	133	0,92	0,92	1
— *ochrophus* (L.)	72,70	0,91	0,89	1,03
— *hypoleucus* (L.)	48,50	0,82	0,96	0,83
XIII. Colombins rameurs.				
Turtur turtur (L.)	178	0,80	0,83	0,95
XIV. Gallinacés rameurs.				
Tetrao urogallus (L.)	1 890	0,82	0,88	0,92
Lyrurus tetrix (L.)	1 030	0,84	1,04	0,80
Tetrao medius (Mey.)	1 193	0,91	0,97	0,94
Lagopus mutus (Mart.)	462,50	0,83	0,94	0,88
Tetrastes bonasia (L.)	278	0,90	0,96	0,93
Caccabis rufa (L.)	490	0,82	0,82	1
— *saxatilis* (Mey. et W.)	606,50	0,88	1	0,88
Perdix perdix (L.)	387	0,83	0,89	0,93
Coturnix coturnix (L.)	83,20	0,84	0,96	0,88
XV. Palmipèdes nageurs rameurs.				
Cygnus cygnus (L.)	5 925	0,88	0,89	0,99
Anser anser (L.)	3 065	0,78	0,86	0,91
Anas platyrhynchus (L.)	1 105	0,91	0,73	1,25
Dafila acuta (L.)	955	0,86	0,86	1
Querquedula crecca (L.)	293	0,97	0,90	1,08
Mareca penelope (L.)	830	0,94	0,82	1,15
Nyroca fuligula (L.)	741	0,92	0,77	1,20

	Poids du corps.	Largeur relative maxima du corps.	Hauteur relative maxima du corps.	Rapport de la largeur à la hauteur du corps.
	Gr.			
XVI. PALMIPÈDES PLONGEURS RAMEURS.				
Mergus merganser (L.)	1 470	1	0,74	1,35
— *albellus* (L.)	495	1,05	0,81	1,30
Colymbus cristatus (L.)	790	0,81	0,81	1
— *ruficollis* (Pall.)	180	0,63	0,70	0,90
Gavia septentrionalis (L.)	957	1,02	0,71	1,41
Uria troille (L.)	1 010	0,83	0,83	1
XVII. PASSEREAUX PLONGEURS RAMEURS.				
Alcedo ispida (L.)	36,40	0,90	0,81	1,11

L'examen de ces tableaux permet déjà de se rendre compte que les Rapaces ont un corps large, mais, comme la lecture de tous les chiffres qu'ils contiennent est fastidieuse, j'emploierai encore la méthode des moyennes pour rendre les résultats plus apparents :

	Largeur relative maxima du corps.	Hauteur relative maxima du corps.	Rapport de la largeur à la hauteur du corps.
Rapaces nocturnes ramo-planeurs	1,17	0,90	1,28
— diurnes voiliers	1,13	0,85	1,33
Palmipèdes voiliers	1,05	0,75	1,43
Rapaces diurnes ramo-planeurs	1,02	0,79	1,29
Passereaux ramo-planeurs	1,01	0,92	1,09
Corvidés ramo-planeurs	0,98	0,89	1,10
Échassiers ramo-planeurs	0,97	1	0,97
Passereaux rameurs à vol soutenu	0,91	0,89	1,02
— rameurs à vol peu soutenu	0,91	0,82	1,10
Passereaux plongeurs rameurs	0,90	0,81	1,11
Échassiers rameurs riverains	0,90	0,92	0,95
Palmipèdes ramo-planeurs	0,89	0,85	1,04
— nageurs rameurs	0,89	0,83	1,08
— plongeurs rameurs	0,89	0,76	1,16
Échassiers rameurs terrestres	0,89	0,97	0,92
Gallinacés rameurs	0,85	0,94	0,90
Colombins rameurs	0,80	0,83	0,95

Nous voyons que les Rapaces ont tous une grande largeur relative de corps et que celle-ci est la plus petite chez les

Colombins, les Gallinacés et les Oiseaux nageurs et plongeurs. Par contre, les Palmipèdes voiliers comme les Fous de Bassan possèdent la plus petite hauteur relative de corps ; chez les autres Palmipèdes, celle-ci est un peu plus grande; elle est la plus élevée chez les Échassiers. L'examen du rapport de la largeur du corps à la hauteur du corps donne des résultats intéressants.

Lorsque ce rapport est supérieur à 1, cela signifie que la largeur est supérieure à la hauteur. Quand il est inférieur à 1, c'est le contraire qui a lieu. Il résulte de notre étude que les Oiseaux terrestres voiliers et ramo-planeurs, qui possèdent un rapport plus grand que 1, ont un corps aplati dans le plan horizontal. Il en est de même en ce qui concerne les Oiseaux vraiment aquatiques comme les Palmipèdes voiliers, les Canards, les Plongeurs. Par contre, le rapport est inférieur à 1 chez les Colombins, Gallinacés, Échassiers. Or il est à remarquer que ces Oiseaux sont à gros muscles pectoraux et à bréchet élevé. C'est là la raison du développement du corps en hauteur. Chez les Palmipèdes rameurs, l'aplatissement du corps dans le plan horizontal est dû, malgré l'importance des muscles pectoraux, à l'action de l'eau qui a allongé ces muscles et diminué de ce fait leur hauteur. Ces résultats sont très apparents sur la figure 32.

Si l'on examine maintenant la forme générale du corps de l'Oiseau, on peut dire que, d'une manière très évidente, celle-ci copie la forme du Poisson. Le corps, ainsi que l'aile, montre, en effet, un gros bout à l'avant et une partie effilée à l'arrière, et cette conformation est particulièrement nette chez tous les Rapaces et Passereaux garnis de leurs plumes ; elle est moins frappante, bien qu'évidente encore, chez les autres Oiseaux à cause de l'allongement du cou.

Cousin (*18*) a constaté que les Oiseaux qui vivent dans les plus grands courants d'air, les Oiseaux marins par exemple, ont le cou plus long, tandis que les Oiseaux terrestres, qui volent dans les vents plus faibles, ont le cou plus court. Il conclut que l'allongement du cône antérieur n'a donc pas pour résultat d'augmenter les résistances, comme on serait tenté de le croire, mais au contraire de les diminuer.

Comparant la structure des divers Oiseaux au point de vue de la forme de leur cône de pénétration, il les classe en deux catégories : les Oiseaux à cou court et les Oiseaux à long cou. Mais il remarque aussi que les Oiseaux à cou court ont proportionnellement une tête plus grosse que les Oiseaux à long cou, et enfin que les Oiseaux à cou court et à grosse tête sont les Oiseaux les moins rapides et généralement des rameurs, tandis que les Oiseaux à long cou et à tête plus effilée ont plus de vitesse et sont des voiliers.

Il résulte de ces faits, selon lui :

1° Qu'il semble y avoir un rapport inverse entre la grosseur de la tête et la longueur du cou ;

2° Qu'il existe un rapport direct entre la longueur du cou et le diamètre transverse du corps, c'est-à-dire le maître-couple ;

3° Et par conséquent, qu'il existe un rapport direct entre la grosseur de la tête et le diamètre du corps.

C'est d'ailleurs une affirmation gratuite que de dire que les Oiseaux à cou long et à tête effilée sont les plus rapides et sont des voiliers.

Si cela est vrai pour les Palmipèdes voiliers comme l'Albatros, cela n'est plus exact si l'on considère certains plongeurs comme la Poule d'eau, le Râle d'eau dont le cou est aussi développé que celui de l'Albatros.

D'un autre côté, certains Oiseaux comme les Faucons, les Martinets, qui ont une grosse tête et un cou court, sont très rapides.

En vérité, le rapport de la longueur du cou à la racine cubique du poids du corps varie de 1,5 à 2,2 pour les Oiseaux terrestres qui ont pour ainsi dire tous une grosse tête, alors qu'il est supérieur à 3 et dépasse même 4 pour les Oiseaux aquatiques. Ainsi la partie de l'Oiseau située en avant des ailes est égale au tiers ou au quart au plus de la longueur totale de l'animal chez les espèces volant au-dessus des terres, à la moitié et quelquefois même à plus de la moitié de cette longueur chez les espèces aquatiques ou riveraines. L'allongement que l'on observe chez ces dernières et qui est la conséquence uniquement d'une adaptation non à un genre de vol,

mais à un genre de vie particulier, a eu pour résultat de modifier légèrement la forme générale du corps dont le gros bout s'est allongé et est devenu conique.

La position du centre de gravité chez les Oiseaux a fait l'objet de nombreuses publications, dont beaucoup d'ailleurs ne sont pas basées sur des recherches expérimentales.

Borelli (*12*) a fait observer que, puisque les Oiseaux volent *centre prono*, le centre de gravité se trouve nécessairement dans la partie inférieure de la poitrine et du ventre. Il ajoute ensuite que, puisque l'Oiseau est suspendu par ses ailes, le centre de gravité doit se trouver dans la partie inférieure de la poitrine, au-dessous des attaches des ailes, et sur une ligne droite perpendiculaire à l'horizon et à la longueur de l'animal. Il a fait l'expérience suivante : après avoir déplumé un Oiseau, il l'a posé sur le tranchant d'un couteau et a cherché la position dans laquelle l'Oiseau reste en équilibre. Il trouve ainsi que le centre de gravité est sur une ligne droite perpendiculaire à la longueur de l'animal et menée des attaches des ailes à la ligne médio-sternale. C'est, dit-il, dans cette position que l'Oiseau dort perché, le ventre appuyé sur une branche.

Alix (*1*) croit que les raisonnements de Borelli sont assez justes, mais que son expérience laisse beaucoup à désirer. Le fait seul de la mort amène déjà un grand changement aux conditions que l'on rencontre pendant la vie, et l'enlèvement des plumes vient encore les modifier. On ne saurait donc tirer de cette expérience quelque chose d'exact et de rigoureux, ajoute-t-il.

Il a semblé à Alix que l'on pouvait arriver approximativement à cette détermination en prenant en considération le poids des muscles pectoraux et celui des viscères thoraciques et abdominaux.

« Les muscles grands pectoraux sont situés sous le sternum par leurs deux tiers postérieurs et au devant de lui par leur position claviculaire. La plus grande partie de leur masse est formée par cette portion claviculaire et par celle qui occupe la moitié antérieure du sternum.

« Le cœur correspond à la moitié antérieure du sternum.

Le poids des ailes ne peut porter que sur la partie antérieure de l'ovoïde.

« Voilà des poids qui tendent à porter le centre de gravité en avant. Ils sont contre-balancés par le foie, qui appuie sur la moitié postérieure du sternum, par le gésier placé auprès du foie, par les intestins, par les testicules ou les ovaires et par les reins.

« Chez les Oiseaux Rapaces, qui ont des muscles pectoraux plus volumineux et des intestins plus courts, le centre de gravité sera nécessairement placé plus en avant; chez d'autres, comme les Gallinacés par exemple, qui ont des pectoraux moins puissants et des intestins plus longs, le centre de gravité sera plus en arrière ; une inégalité entre la masse antérieure formée par la tête et le cou et la masse postérieure formée par les membres abdominaux et la queue amènera les mêmes résultats. Chez ceux qui ont un long sternum comme les Cygnes, le centre de gravité est aussi placé un peu plus en arrière ; chez les Frégates au contraire, où le sternum est très court, le centre de gravité se trouve placé plus en avant.

« Ainsi, le centre de gravité n'occupe pas la même place dans toutes les espèces d'Oiseaux. Il peut, en outre, varier chez un même Oiseau, ainsi que Borelli et Barthez l'ont démontré. »

Toutes ces considérations sont, en grande partie, en contradiction avec les faits. C'est ainsi que, d'après Alix, les Gallinacés auraient des muscles pectoraux moins puissants que les Rapaces, ce qui est contraire à la réalité.

Mouillard (*71*) lui-même s'est préoccupé de la question du centre de gravité et en particulier de ses déplacements. Il a affirmé en outre que : « Quand l'Oiseau a disposé sa voilure de manière à avoir un équilibre pratique, si un besoin quelconque l'oblige à monter brusquement, il n'emploie pas sa queue, surtout si elle est faible, parce qu'elle n'aurait pas une action suffisante, mais il étend les ailes en avant. Le centre de gravité et le centre de figure sont énergiquement portés en arrière; l'ascension et le relèvement sont donc forcés. Si, au contraire, il porte les pointes en arrière, le centre de gravité,

porté en avant, sollicite la chute. » C'est encore inexact, car la fait de porter les ailes en avant avance le centre de gravité au lieu de le reculer ; de même le report en arrière des pointes de l'aile recule le centre de gravité au lieu de l'avancer.

Cousin (*19*) a donné comme un fait indiscutable la position du centre de gravité à la partie supérieure du plan vertical de l'Oiseau.

« Si nous considérons maintenant le plan horizontal passant par l'axe antéro-postérieur dans lequel est située la masse osseuse et musculaire supérieure, nous voyons que c'est au niveau des épaules, où s'est réunie la plus grande masse musculaire, que doit se trouver le centre de gravité.

« Nous arrivons donc à cette conclusion que le centre de gravité se trouve à la partie supérieure du plan vertical passant par le maître-couple de l'Oiseau, plan qui, nous l'avons vu dans l'étude des veines fluides, passe par le diamètre biacromial et l'extrémité inférieure du sternum. Le centre de gravité est donc situé entre les deux épaules. Nous l'avons démontré par l'expérience suivante :

« Une Mouette est traversée à l'aide d'une fine tige d'acier suivant son grand axe antéro-postérieur (la tige pénétrant par le bec sort par le cloaque). Dans ces conditions, l'Oiseau se trouve en équilibre indifférent autour de cet axe. Par suite de l'asymétrie des deux parties, la dorsale très petite, la ventrale plus considérable, il est évident que la partie supérieure est plus lourde que l'inférieure. Il faut tenir compte également que, pendant le vol, par suite du gonflement des sacs aériens, la partie inférieure étant plus volumineuse reçoit des poussées plus grandes, ce qui allège cette partie inférieure et augmente le lestage dorsal. Le centre de gravité se trouve donc situé dans le plan horizontal passant par le grand axe antéro-postérieur de l'Oiseau.

« L'Oiseau est alors transpercé transversalement au niveau du plan du maître-couple, légèrement au-dessous et en arrière des épaules. Dans cette position, la Mouette est encore en équilibre indifférent autour de ce nouvel axe.

« Le centre de gravité est donc situé à l'intersection des deux axes considérés, intersection qui correspond très approxi-

mativement au point de rencontre des deux axes de l'ovoïde primitif, c'est-à-dire dont le contour est déterminé par le trajet des veines fluides. »

J'ai déterminé aussi les positions du centre de gravité de mes Oiseaux. J'ai utilisé à cet effet les méthodes employées par mes prédécesseurs, qui ont paru critiquables à certains auteurs. J'ai employé aussi une méthode personnelle qui a pour but de mettre l'animal dans une position identique à celle du vol, c'est-à-dire de lui maintenir le corps et le cou dans le prolongement l'un de l'autre et de lui conserver les ailes étendues comme dans le vol. A cet effet, après avoir fixé l'animal sur une planche le cou allongé et les ailes déployées, j'ai injecté dans les muscles une solution formolée de manière à leur donner une grande rigidité. J'ai obtenu ainsi, sans modification réelle dans la distribution spécifique, des Oiseaux en position de vol. En saisissant l'individu par un paquet de plumes sur le dos, si l'Oiseau suspendu en l'air incline du côté de la tête ou de la queue, c'est que le point choisi est en arrière ou en avant du centre de gravité. En avançant ainsi de point en point, il arrive un moment où l'animal se tient parfaitement horizontal. On trouve ainsi facilement et de manière exacte le plan transversal, qui renferme le centre de gravité. Si l'on suspend ensuite l'Oiseau par le bec ou par la pointe d'une aile, on détermine un second plan vertical qui contient le point en question. Comme, en fait, celui-ci se trouve aussi dans le plan vertical passant par le grand axe du corps, il est de cette façon déterminé avec précision.

Je me suis servi aussi du procédé employé par Houssay (*31*) pour rechercher le plan transversal dans lequel se trouve le centre de gravité chez les Poissons longs et souples. On étend l'Oiseau sur une balance de Roberval sans aiguille verticale et pourvue de plateaux allongés dans le sens de la longueur de l'appareil. On place la bête approximativement par moitié sur un plateau et par moitié sur l'autre. On fait avancer le corps jusqu'à ce que l'équilibre soit aussi absolu que possible.

Le centre de gravité est situé, dans ces conditions, dans le

plan transversal du corps passant par le milieu du fléau.

J'ai trouvé que le centre de gravité chez les Oiseaux est toujours sensiblement dans le plan transversal perpendiculaire au grand axe du corps et passant par la plus grande hauteur du corps. Il est donc situé en conséquence très en avant chez les voiliers et les ramo-planeurs et beaucoup plus en arrière chez les rameurs. Il correspond toujours pour les premiers au tiers antérieur des ailes et se montre d'autant plus près du sixième antérieur qu'ils sont meilleurs volateurs et meilleurs planeurs. Au contraire, lorsqu'il s'agit de rameurs, on trouve le centre de gravité à la hauteur de la région moyenne des ailes et d'autant plus rapproché de la ligne qui joint le milieu de celle-ci qu'ils sont plus mauvais volateurs. C'est ce que révèle très nettement l'examen des planches IV à X. En outre, le centre de gravité est toujours placé du côté dorsal, si l'on considère le milieu de la hauteur maxima du corps, sauf chez certains Oiseaux à gros pectoraux comme les Gallinacés, où il est légèrement au-dessous de ce milieu. Chez tous les Oiseaux, il est dans un plan horizontal inférieur à celui passant par l'axe du corps, comme le montre la figure 32.

Ce dernier résultat qu'avait déjà entrevu Cousin (*19*) a paru erroné à certains auteurs qui n'avaient jamais effectué de recherches biométriques sur les Oiseaux ; il n'est pas surprenant au contraire pour qui connaît les poids relatifs des divers organes de l'Oiseau. Au-dessus du grand axe de l'animal se trouvent, en effet, en position de vol, les masses osseuses et musculaires de la colonne vertébrale auxquelles sont fixés les poumons, les reins et une partie de l'estomac et de la masse intestinale, ainsi que les ailes qui, chez les voiliers, représentent le cinquième du poids du corps. Au-dessous de cet axe, il y a la poitrine avec le sternum et les muscles pectoraux. Or, chez les Rapaces et Palmipèdes voiliers, ces muscles ne constituent que le dixième ou le huitième du poids du corps. Il est donc naturel que cette distribution des organes fasse que le centre de gravité soit nettement dorsal chez les individus de ces groupes. Chez les grands rameurs, où le poids des muscles pectoraux atteint le tiers du poids du corps, le centre de gravité est, par contre, un peu ventral, ce

qui se conçoit encore, puisque le poids des ailes n'est plus que le dixième de celui du corps. J'ai représenté aussi dans les

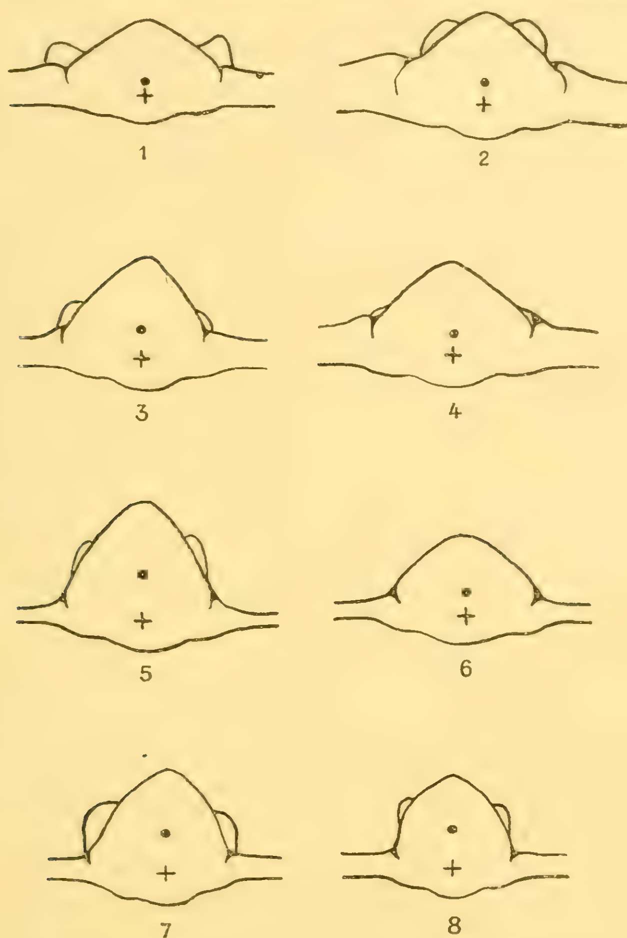


Fig. 32. — Projections sur le plan de front de divers types d'Oiseaux montrant les dimensions relatives du corps et la position du centre de gravité.

● centre de gravité, + grand axe du corps.

1. Autour des Palombes, *Accipiter gentilis* (L.) (Rapace diurne ramo-planeur). — 2. Grand Duc, *Bubo bubo* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur). — 3. Mouette rieuse, *Larus ridibundus* (L.) (Palmipède ramo-planeur). — 4. Freux, *Trypanocorax frugilegus* (L.) (Corvidé ramo-planeur). — 5. Pluvier doré, *Charadrius apricarius* (L. (Échassier rameur). — 6. Canard sauvage, *Anas platyr hynchus* (L. (Palmipède nageur rameur). — 7. Perdrix grise, *Perdix perdix* (L.) (Gallinacé rameur). — 8. Pigeon ramier, *Columba palumbus* (L.) (Colombin rameur).

planches VI, VII, VIII, IX, X, des types d'Oiseaux, ramenés exactement aux dimensions qu'aurait chacun d'eux s'il pesait 1 gramme. Sur chacun de ces Oiseaux, j'ai marqué d'un

point le centre de gravité soigneusement déterminé. On se rendra ainsi compte de la position précise de ce centre suivant les divers types.

Enfin j'ajouterai que ce centre de gravité est susceptible de se déplacer suivant certains mouvements de l'Oiseau, en particulier selon la position qu'il donne à ses ailes comme je l'ai dit plus haut, selon la façon dont il allonge ou raccourcit son cou ou étend ses pattes.

CHAPITRE X

Applications à l'aviation.

Le report de l'Oiseau à l'aéroplane. Formules appropriées. Résultats. Le vol à voile de l'homme et sa réalisation. L'appareil idéal de vol à voile. Ses caractéristiques. La manière de piloter l'engin et d'utiliser le vent pour gagner de la hauteur. Manœuvres à accomplir.

Les précisions que j'ai données sur les caractéristiques et le vol des Oiseaux rendent évidentes les directives que l'on peut tirer de telles investigations, en ce qui concerne l'aviation. Bien qu'il eût pu sembler intéressant de rechercher quelles pourraient être les dimensions d'un aéroplane possédant les caractéristiques d'un Oiseau voilier, planeur ou rameur, on n'avait pas encore eu recours, en 1913, pour la construction des avions, aux données que peut fournir l'étude des Oiseaux. Cependant les comparaisons étendues que j'ai faites entre les divers groupes m'ont montré qu'il était possible d'utiliser à cet effet les chiffres donnés par la nature, malgré les différences de poids considérables qui séparent un Oiseau d'un avion. Au cours des recherches que j'ai poursuivies sur le vol, j'ai mis en évidence que les caractéristiques des Oiseaux varient suivant que ceux-ci pratiquent le vol ramé, le vol ramo-plané ou le vol à voile. Par contre, ces caractéristiques sont assez voisines pour les individus doués d'un même genre de vol, et cela quel que soit leur poids. Il était donc logique de penser que, puisqu'un Oiseau de 10 grammes, appartenant à un groupe déterminé, possède des dimensions relatives voisines de celles d'un individu du même groupe, pesant 10 000 grammes, il en serait de même s'il existait des Oiseaux de 100 000, 500 000, 1 000 000 de grammes.

La méthode que j'ai employée pour l'étude des Oiseaux m'a permis d'obtenir des rapports homogènes et d'établir des comparaisons utiles. J'ai, en effet, comparé le poids des ailes au poids du corps, les longueurs ou largeurs des ailes ou de la

queue à la racine cubique du poids du corps, les surfaces des ailes ou de la queue à la racine cubique du poids porté au carré, suivant la formule générale :

$$\frac{A}{B} = a,$$

où A représente la dimension, le poids ou la surface étudiés; B, le poids de l'Oiseau, sa longueur fournie par la formule $\sqrt[3]{P}$, ou sa surface obtenue à l'aide de la formule $\sqrt[3]{P^2}$, P étant exprimé en grammes, et enfin a le rapport cherché.

Or, la recherche des caractéristiques d'un monoplan devient dans ces conditions très facile. Si cet appareil doit ressembler à un Rapace voilier, par exemple, le rapport nous est connu ; c'est le rapport moyen que j'ai trouvé pour chacune des dimensions relatives de ce Rapace. B nous est connu aussi, puisque c'est le poids qu'aura en ordre de marche l'avion futur. Par conséquent, on obtient A, c'est-à-dire les longueurs ou surfaces réelles, en multipliant B par a. J'ai ainsi calculé, en 1913, les dimensions d'un monoplan idéal dont le poids serait en ordre de marche de 500 kilos, ce qui était courant à l'époque. J'ai communiqué ces résultats à l'Académie des Sciences. J'ai montré alors que cette méthode avait l'avantage de permettre, en partant des Oiseaux, le calcul exact des dimensions d'un appareil, d'après le poids qu'il doit avoir. J'indiquais aussi que, pour l'ensemble de ces caractéristiques, un tel monoplan ne différait pas autant qu'on aurait pu le penser des autres monoplans en usage à ce moment. Toutefois, mon étude faisait ressortir que l'avion construit dans ces conditions serait beaucoup moins long que ceux que l'on pilotait à l'époque.

Après avoir conseillé une réduction du fuselage des appareils, en me basant sur les résultats de mes recherches, j'ai eu alors la satisfaction de voir les constructeurs donner à leurs aéroplanes une longueur plus réduite. Le monoplan Ponnier, qui prit part, en 1913, à la Coupe Gordon-Bennett et se classa second, bien qu'essayé pour ainsi dire seulement au moment même de la course, fut la première application en même temps que la justification des données que j'avais fournies. On pour-

rait m'objecter que ces sortes de comparaisons entre les Oiseaux et les aéroplanes reposent, entre autres, sur une extrapolation qui n'est peut-être pas justifiée, en se basant d'abord sur cette affirmation déjà ancienne que les Oiseaux sont incapables de voler au delà d'une certaine taille. Certains auteurs ont, en effet, prétendu que les gros Oiseaux étaient dans un état d'infériorité manifeste par rapport aux autres en ce qui concerne l'aptitude au vol, en raison de la diminution relative de la surface des ailes quand le poids du corps croît, loi dont j'ai montré l'inexactitude au sens propre du mot, puisqu'elle est le résultat d'un artifice mathématique. Les mêmes auteurs, pour illustrer cette thèse, donnent comme exemple l'Autruche, qui pèse jusqu'à 75 kilos et qui ne peut voler. Mais on connaît aussi de petites espèces qui ne volent pas du tout comme l'Aptéryx, ou qui ne volent presque plus, comme le Troglodyte. La raison de ce fait réside non dans une question de poids, mais dans une adaptation à un genre de vie particulier qui a exclu, peu à peu, la nécessité du vol. D'ailleurs, il a existé, à l'époque crétacée, de grands Ptérodactyles, les Ptéranodons, qui vivaient en Amérique et dont l'envergure atteignait 9 mètres. Leur conformation indique qu'ils volaient à la manière des Chauves-Souris. Or, j'ai pris l'envergure et le poids de Pipistrelles et de Sérotines ; j'ai divisé cette envergure par la racine cubique du poids, et j'ai trouvé un rapport moyen égal à 13,5. Dans ces conditions, en employant ma formule $\frac{A}{B} = a$, il ressort que le poids des Ptéranodons devait être environ de 287 kilos. Il y a donc eu autrefois des êtres volants d'un poids voisin de 300 kilos ; il y a peut-être eu des Oiseaux aussi et même plus lourds, aptes au vol et que nous ne connaissons pas. Si nous ne voyons plus, à l'heure actuelle, de volateurs aussi pesants, cela tient, par conséquent, non pas à une impossibilité de voler pour les gros animaux, mais à d'autres causes. Pour cette raison, j'ai donc le droit d'extrapoler. Le report de l'Oiseau à l'aéroplane apparaît aussi comme une erreur à d'autres auteurs qui, au cours de leurs études sur les Oiseaux, n'ont pas voulu se livrer à des observations toujours

fort longues, nécessitant des déplacements compliqués et se sont contentés de parler des espèces communes, Pigeons ou autres rameurs. Il est évident qu'avec de tels modèles ils ne pouvaient arriver qu'à des conclusions peu favorables pour ce qui est de construire des engins copiant ces volateurs. Il ne peut, en effet, être question, dans l'état actuel de nos connaissances, de concevoir des appareils capables de produire des battements d'ailes aussi puissants que ceux fournis par tous les rameurs continus.

Mais j'estime qu'il y a d'autres modèles qu'il est préférable de copier, parce qu'ils se soutiennent en l'air par des moyens qui sont plus à la portée de l'Homme : ce sont les voiliers, animaux qui ne battent presque jamais des ailes et dont la dépense motrice est toujours faible, qui, délaissant le plus possible pour voler la force musculaire, font appel aux forces que la nature met à leur disposition. En donnant à un avion, par exemple, les caractéristiques d'un Rapace voilier, on lui donne la finesse et les qualités voulues pour des vols à voile par vents ascendants ou horizontaux faibles.

Tout ceci prouve simplement que le report de l'Oiseau à l'avion ne peut s'effectuer au hasard. C'est une question d'observations nombreuses à faire avant tout dans la nature et à appliquer ensuite à bon escient, et cela comporte non pas des approximations, mais des précisions que l'on n'obtient qu'après avoir beaucoup vu, beaucoup mesuré et beaucoup réfléchi.

Ce sont toutes ces considérations qui m'ont amené à penser, en 1913, qu'il y avait lieu d'engager aussi l'aviation dans une autre voie que celle des appareils à moteur puissant. J'ai commencé par des expériences avec une aviette que j'avais conçue en m'inspirant des caractéristiques de certains volateurs comme les Rapaces voiliers. J'ai recherché s'il était possible de voler avec un tel engin à l'aide d'une hélice actionnée par des pédales. Je me suis rendu compte que ce genre de vol n'était pas réalisable, en raison de l'insuffisance de la puissance développée par les muscles de la jambe, qu'il y avait lieu de délaisser la force humaine et qu'il était préférable de s'adresser aux forces que la nature met à notre disposition

comme à celle des Oiseaux. D'où l'idée de faire du vol à voile à la manière des voiliers marins.

Si l'Homme doit se servir du vent, comme l'Oiseau, pour pratiquer le vol à voile, il lui faut posséder aussi un appareil organisé pour voler dans ces conditions. Il apparaît aussitôt qu'un tel engin doit être construit à l'image des Oiseaux voiliers, lesquels possèdent une conformation particulière que j'ai mise en évidence antérieurement et qui est la conséquence du modelage par le milieu extérieur. Le corps et les ailes des individus de ce groupe représentent, en effet, la forme idéale pour un genre de vol déterminé, et il y a par conséquent avantage à copier cette forme, puisque nous ne pouvons guère espérer faire mieux que la nature dans cette voie.

Grâce à ma formule, la recherche des dimensions d'un monoplan est très facile. Calculons, par exemple, les dimensions d'un monoplan idéal dont le poids serait en ordre de marche de 750 kilos, copiant d'abord un Rapace voilier, puis un Oiseau marin voilier, enfin un Gallinacé, groupes dont j'ai donné les caractéristiques précédemment.

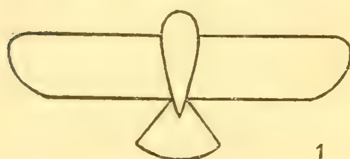
Voici ces dimensions réelles :

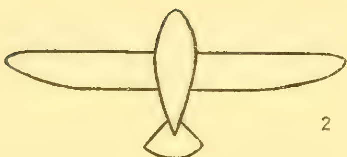
	Type Rapace voilier.	Type Palmipède voilier.	Type Gallinacé rameur.
Surface des ailes .... M²	22	17 50	6,60
Poids des deux ailes ....kgs	170,850	142,75	68,775
Envergure .... M	13,50	13,50	6,90
Profondeur des ailes .... M	2,28	1,49	1,36
Longueur de l'appareil .... M	5,50	5,80	4,35
Longueur de la queue .... M	2,45	1,55	1,10
Surface de la queue .... M²	6,20	2	1,50
Poids de la queue ....kgs	8,250	3,225	1,800

Ces chiffres sont susceptibles d'application directe en ce qui concerne de tels engins. Le fuselage très raccourci que j'indique est en effet d'une réalisation parfaite.

Mais les monoplans de 750 kilos des types Rapace voilier et Gallinacé rameur dont je donne les dimensions dans le tableau ci-dessus, et qui ont été dessinés en projection hori-

zontale dans la figure 33, peuvent-ils servir de modèles pour construction de certains appareils d'aviation? Sans aucun doute, si l'on s'en tient au mode de vol des Oiseaux dont ils sont la copie. Le premier constitue évidemment un engin conçu pour des vols à voile par vents ascendants ou horizontaux faibles et pour des planements de longue durée. Construit à l'image d'un Aigle, d'un Gypaète,... il possède certainement la meilleur finesse pour de tels vols, et il est parfaitement justifié de s'inspirer de ses caractéristiques pour chercher à accroître le coefficient de sécurité des avions à grande surface portante, en leur donnant toutes les qualités des bons planeurs. Le second représente un aéroplane dont la sustentation ne peut être assurée qu'à l'aide d'un moteur puissant, comme c'est le cas pour les monoplans de course. Les modes de vol des Gallinacés rameurs et de ces derniers engins ne sont pas si différents qu'on serait porté à le croire. En fait, de tels Oiseaux et de tels avions progressent dans les airs en se servant d'un énorme moteur qui commande, il est vrai, des moyens de propulsion différents, mais donnant des résultats identiques ; ils planent, aussi, de la même manière entre deux ronflements de moteur ou au moment d'atterrir, grâce à la vitesse acquise. Il est d'ailleurs intéressant de constater qu'un monoplan idéal du type Gallinacé calculé pour un poids de 750 kilos, par ma méthode, offre des dimensions très voisines de celles que possède le monoplan de course Hanriot du même poids.





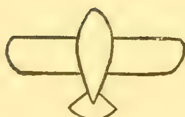


Fig. 33. — Forme et dimensions d'un monoplan, pesant 750 kilogrammes en ordre de marche et copiant :

1. Un rapace diurne voilier. — 2. Un Palmipède voilier. — 3 Un Gallinacé rameur (réduction au 1/300).

Le monoplan, type Oiseau marin voilier, est lui, un appa-

reil organisé pour se déplacer dans les grands courants d'air ; il n'est utilisable que pour les vols au-dessus de la mer ; il doit surtout être employé pour pratiquer le vol à voile, et cela prouve encore une fois que le report des dimensions de l'Oiseau à celles de l'avion ne peut s'effectuer au hasard. C'est donc surtout un engin idéal, comme le voilier lui-même, pour l'utilisation des forces que la nature met à notre disposition,

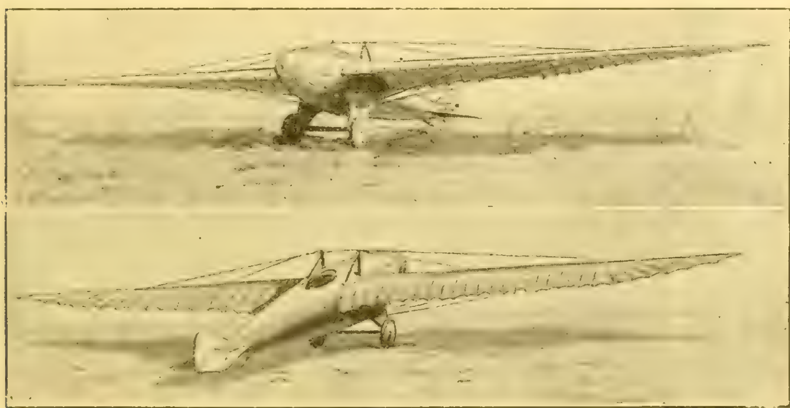


Fig. 34. — Appareil conçu par l'auteur en 1914 pour pratiquer le vol à voile par vent horizontal fort.

un engin dont nous, Hommes, avons intérêt à nous servir parce qu'il peut voler et se soutenir dans l'air par des moyens qui sont véritablement à notre portée.

J'ai, dans ces conditions, conçu en 1914 un appareil possédant les caractéristiques des Palmipèdes voiliers pour voler avec l'aide du vent horizontal, sans moteur (fig. 34). Comme il n'était pas nécessaire pour réussir de posséder un engin de forte taille, j'ai calculé mon appareil pour un poids de 150 kilos, pilote compris, au moyen de la formule dont j'ai donné l'explication plus haut.

Ainsi que les Palmipèdes voiliers, l'appareil avait des ailes très effilées possédant la forme exacte des ailes de ces Oiseaux. J'ai donné à ces ailes une grande épaisseur, surtout dans la moitié proche du fuselage, et une disposition en gouttière, leur tiers postérieur étant replié vers le bas d'environ 60°. J'ai aussi conçu un dispositif laissant une certaine élasticité à la moitié postérieure de l'aile, de façon à ce

qu'elle puisse, au cours du vol, prendre une forme voisine de celle qu'elle offre chez les Oiseaux voiliers.

Pour arriver à ce résultat, j'ai remplacé le bois de chacune des nervures des ailes dans leur tiers postérieur par une lame d'acier assez flexible pour permettre à la partie arrière de l'aile de se relever et de vibrer, en fait d'être active sous l'action du vent, comme cela a lieu dans la nature. En outre, en même temps que l'avion était pourvu d'une grande envergure et d'une petite profondeur d'aile, il était muni d'une queue raccourcie, ou mieux de petite surface. Comme un tel appareil doit posséder une stabilité longitudinale et une stabilité transversale excellentes, conditions indispensables pour qu'il soit piloté convenablement et qu'il puisse conserver son équilibre au milieu des courants d'air et des rafales, je lui ai donné tous les dispositifs en usage sur les avions pour être assuré de le diriger facilement et éviter de capoter, accident qui est beaucoup plus fréquent qu'avec les appareils usuels.

S'il est indispensable, pour pratiquer le vol à voile par vent horizontal, de posséder un appareil organisé pour ce genre de locomotion aérienne, il est encore plus indispensable de savoir le piloter. J'ai donc dû me livrer à des recherches nombreuses au cours de mes essais de vol à voile avec l'appareil en question.

Pour entreprendre des essais fructueux de vol à voile, il faut d'abord faire choix d'un lieu propice. On doit choisir pour de telles expériences la mer, une plaine rase, un large plateau où souffle le vent. La démonstration de cette nécessité a été fournie par MOUILLARD (*71*). Il avait acheté quatre Puffins cendrés. En lançant les trois premiers en l'air du haut d'un observatoire, il ne put obtenir le moindre vol. Il emporta alors le quatrième sur un terrain nu, sans herbe, dont le sol était plat comme une glace. Il y ventait frais de l'ouest. L'Oiseau se mit le bec au vent, prit sa course, parcourut une centaine de mètres, puis d'un seul bond, en prenant le vent, s'envola à une vingtaine de mètres. J'ai répété plusieurs fois cette expérience avec divers voiliers. Si on les place dans des endroits abrités, où le vent ne donne pas, ou donne mal, ces Oiseaux ne montrent aucune velléité

de s'élever. Jetés même d'une certaine hauteur, ils ne peuvent exécuter d'envolées sérieuses. On les voit battre des ailes avec effort pour éviter la chute fatale, eux les maîtres du vol sans battements. Par contre, si on les transporte dans une région dénudée, ou sur une plage nue, on les voit bientôt



Fig. 35. — Dispositif imaginé par l'auteur pour fournir à l'avion voilier la vitesse nécessaire au début d'un vol à voile.

s'envoler contre le vent dès qu'il souffle, puis filer, les ailes immobiles, dans un balancement harmonieux.

Une fois en possession d'un terrain favorable, on doit apprendre à s'élever contre le vent, opération qu'il est assez facile de réaliser si les conditions voulues se trouvent réunies. Les essais que j'ai effectués m'ont permis de définir le procédé à employer pour gagner de la hauteur avec un bon avion de vol à voile.

Il suffit pour cela d'imiter les manœuvres des voiliers, des Fous de Bassan, par exemple, lorsqu'ils font de la hauteur avec le vent qu'ils reçoivent de face. Ce sont ces manœuvres que j'ai essayé de reproduire au cours de mes expériences de vol à voile, à l'aide de l'appareil dont j'ai donné antérieurement la description. Pour faciliter le départ et obtenir dès le début une hauteur favorable et surtout une certaine vitesse, comme le font les voiliers, j'ai utilisé un plan incliné relevé à sa partie inférieure (fig. 35). Un avion lancé sur un tel plan retombe sur le sol après un planement plus ou moins long, si la lancée

contre le vent s'effectue sans méthode et sans précision. Au contraire, j'affirme qu'on peut pour ainsi dire à coup sûr lui faire gagner de la hauteur si cette lancée a lieu au moment où une rafale commence, au moment où la force du vent est croissante. Dans ces conditions, lorsque l'appareil a quitté le plan incliné, on sent bientôt qu'il est porté par le vent. Les ailes, comme chez les Oiseaux, prennent de face, en raison de leur construction, une forme en V et se relèvent à leur partie postérieure normalement très arquée vers le bas, grâce au dispositif que j'ai employé. A ce moment, il suffit, pour aider la montée, de relever le gouvernail de profondeur, et cela d'autant moins que la force du vent est plus grande. L'incidence, qui peut être de 30° pour un vent de 4 mètres, ne doit pas dépasser quelques degrés pour un vent dépassant 12 mètres à la seconde. Je puis dire qu'en opérant ainsi on réussit à gagner de la hauteur avec l'appareil dans les mêmes conditions que celles décrites pour le Fou de Bassan, c'est-à-dire avec une progression très lente pour des vents faibles et plus rapide pour des vents forts. L'avion prend de la hauteur dès que le vent souffle à une vitesse de 6 mètres à la seconde, mais c'est lorsque cette vitesse est de 8 à 10 mètres à la seconde que la montée est la plus facile ; elle est assez rapide sans être encore dangereuse. Une des difficultés réside dans le maniement du gouvernail de profondeur, toute exagération amenant surtout avec les vents assez puissants un capotage inévitable. Une autre difficulté vient de ce que l'appareil qui a attaqué le vent avec une certaine vitesse risque de se trouver tout à coup en perte de vitesse à un moment donné, lorsque la vitesse du vent, après être passée par son maximum, diminue trop rapidement, comme cela a lieu quelquefois. Il faut savoir, tout comme l'Oiseau (fig. 36), piquer, avant cet état critique, pour éviter une glissade fâcheuse sur l'aile ou une descente sur la queue. A cet effet, de manière à suivre les variations du vent, j'ai fixé à l'avant de l'engin une sorte d'anémomètre à sirène qui indique au pilote le moment où le vent commence à croître, son maximum et le début de sa décroissance. Ce système, qu'il serait très intéressant de perfectionner, m'a rendu de grands services, car je

crois que c'est presque uniquement par l'ouïe que les voiliers se rendent compte des variations de vitesse des vents.

Pour mes expériences, j'avais muni ma machine aérienne de deux roues à l'avant et d'un patin à l'arrière. Ce dispositif a l'avantage de permettre des départs faciles avec le plan incliné et d'assurer les atterrissages ; mais il est certain,

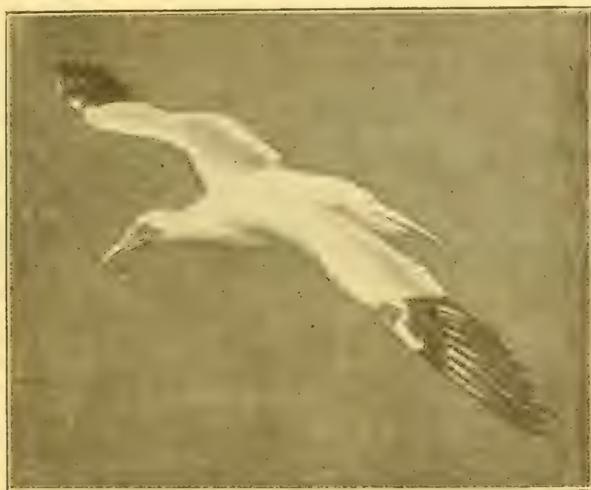


Fig. 36. — Fou de Bassan, *Sula bassana* (L.) en vol à voile, au moment où il allonge le cou pour ramener en avant son centre de gravité, basculer sur son axe et commencer une descente planée, à la fin de la rafale.

par contre, qu'il constitue une résistance à l'avancement dans l'air et qu'il diminue la finesse de l'appareil. Il est évident qu'il y aurait intérêt à concevoir un train d'atterrissage qui laisserait à l'engin de vol à voile une forme plus propice. Les patins allemands représentent peut-être un progrès, mais non la solution de la question.

J'ai aussi conçu un avion de vol à voile copiant le Rapace voilier et destiné à l'étude du vol à voile par vent ascendant ou horizontal faible (fig. 27). Mais les résultats que j'ai obtenus de ce côté appellent de nouvelles expériences. Les observations que j'ai pu faire m'ont montré, entre autres, que, contrairement à la croyance répandue, un vent horizontal qui rencontre, dans les régions montagneuses, un plan incliné, ne se transforme pas complètement en vent ascendant. Il se constitue des zones où le vent a bien une composante asc en

dante, mais aussi des zones où le vent a une composante descendante et provoquées probablement par des tourbillons particuliers. J'estime qu'il me paraît bien difficile de fournir présentement, en ce qui concerne la distribution des vents ascendants, des renseignements utilisables pour l'aviation à voile. De nouvelles études sont indispensables.

Si tous les essais que j'avais réalisés en 1914, avant la

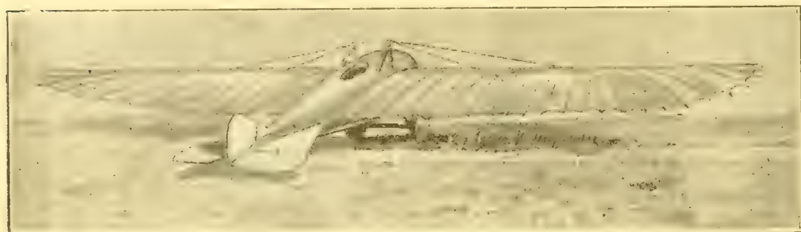


Fig. 37. — Appareil conçu par l'auteur en 1914 pour pratiquer le vol à voile par vent ascendant ou horizontal faible.

guerre, ne m'ont pas permis, faute de subsides suffisants, de réaliser des vols à voile ininterrompus au sens réel du mot et ne m'ont fourni que la preuve de la possibilité de s'élever contre le vent, ils m'ont apporté toutefois la certitude que, pour voler à voile, il faut réunir trois conditions. Il faut avoir du vent coupé de rafales et s'en servir de façon bien déterminée ; il faut posséder un appareil conçu pour de telles envolées et dont la forme doit se rapprocher le plus possible de celle d'un voilier marin. Il faut enfin et surtout apprendre à manier, à monter un tel engin comme on apprend à monter à bicyclette ou à nager.

Les Oiseaux eux-mêmes apprennent à voler à voile. En vérité, ils n'ont pas le sens inné de ce mode de vol. Il suffit, pour s'en rendre compte, d'assister aux premières tentatives de vol des jeunes Fous ou des jeunes Puffins. Ceux qui doivent plus tard se révéler comme de si beaux voiliers sont au début de piètres volateurs. Ils ont peur de se lancer ; ils ont peur du vent qui les culbute. Ils ne savent pas se servir de leurs longues baguettes alaires, ni de leur queue, sur laquelle le vent a une action qui les effraie. Leurs premières évolutions sont édifiantes pour l'Homme qui veut voler à voile.

Eux les futurs maîtres du vol à voile, du vol sans battements, battent fréquemment des ailes pour corriger une fausse manœuvre. Ce n'est que peu à peu qu'ils arrivent à voler contre le vent, à virer, à être maîtres de leur queue, qui, tout d'abord. les avait tant gênés dans leurs essais.

J'ai pu reprendre, cette année, grâce à une subvention importante qui m'a été accordée par la Caisse des Recherches scientifiques, mes expériences sur l'aviation sans moteur. J'ai mis à l'étude deux appareils de vol à voile, copiant l'un le voilier marin, l'autre le Rapace voilier. Voici quelles sont leurs caractéristiques :

	Type voilier marin.	Type rapace voilier.
Poids en ordre de marche	150^{kg}	150^{kg}
Poids à vide	75^{kg}	70^{kg}
Longueur totale	$3^{m},93$	$3^{m},66$
Envergure	$9^{m},15$	$8^{m},87$
Profondeur moyenne des ailes	$1^{m},04$	$1^{m},39$
Surface de chaque aile	$3^{m^2},29$	$4^{m^2},55$
Longueur de la queue	$0^{m},90$	$1^{m},65$
Surface de la queue	$0^{m^2}70$	$2^{m^2},48$
Poids de chaque aile	15^{kg}	$17^{kg},6$
Épaisseur de l'aile au tiers interne	$20^{cm},1$	$19^{cm},6$
Longueur du fuselage au devant des ailes	$1^{m},00$	$0^{m},75$
Charge au mètre carré	$22^{kg},7$	$16^{kg},4$
Courbure de l'aile au tiers interne	125°	160°

L'avion du type voilier marin est en construction et sera terminé d'ici peu. Les détails de cet appareil sont les suivants :

Voilure. — Ainsi que les Palmipèdes voiliers, l'engin a des ailes très effilées, très épaisses, surtout dans la moitié proche du fuselage ; celles-ci possèdent une disposition en gouttière, leur partie postérieure étant d'autant plus arquée vers le bas qu'on se rapproche du poste de pilotage. En outre, j'ai trouvé un dispositif qui laisse une certaine élasticité à la moitié postérieure de l'aile, de façon à ce qu'elle puisse, au cours du vol, prendre une forme à double courbure voisine de celle que j'ai décrite chez les Oiseaux et aussi vibrer, c'est-à-dire se relever et s'abaisser, en fait, être active sous l'action du vent, comme cela a lieu dans la nature. L'extrémité de l'aile est munie, elle aussi, du même dispositif pour les mêmes raisons.

En outre, ces ailes sont disposées de manière à avoir un V latéral assez accentué, de 8° au-dessous de chaque aile, de 5° sur le dos de chacune d'elles. Cette disposition résulte de la différence d'épaisseur de l'aile qui, dans l'appareil comme chez l'Oiseau, décroît depuis le fuselage jusqu'à l'extrémité.

L'armature de la voilure est obtenue au moyen d'un longeron, placé un peu en avant du tiers antérieur de l'aile et qui suffit à lui seul à assurer la solidité de la voilure. Il offre une épaisseur correspondant à l'épaisseur maxima de l'aile en tous ses points. Un petit longeron antérieur sert à accroître la rigidité de la surface portante et celle du bord d'attaque.

Étant donnée la conformation particulière du bord postérieur de l'aile, qui est élastique comme chez l'Oiseau, les ailerons sont situés près du bord antérieur vers le tiers externe. Normalement encastrés dans la face inférieure de chaque aile, ils peuvent être abaissés à volonté. J'ai été conduit à adopter nécessairement cette disposition, qui est celle que l'on rencontre d'ailleurs chez les Oiseaux voiliers, lesquels possèdent, près de l'articulation de la main, une touffe de plumes, l'aile bâtarde, qui joue le rôle d'aileron pour faciliter les virages.

Fuselage. — Il comprend une poutre longitudinale, placée à la partie inférieure de la carène et sur laquelle est montée une cage de lattes, recouverte de tissu caoutchouté imperméable à l'eau et dont la forme est analogue à celle de moindre résistance à l'avancement : maître-couple à la hauteur de l'axe constitué par le longeron principal des ailes, gros bout à l'avant, partie effilée à l'arrière.

Poste de pilotage. — Le pilote est assis sur un siège spécial, de manière à ce que son corps soit aussi exactement possible à l'endroit où est placé le centre de gravité de l'appareil, c'est-à-dire, comme chez les voiliers, dans le plan vertical perpendiculaire au plan de symétrie et passant par le tiers antérieur de l'aile. Ce siège est mobile ; il peut être avancé ou reculé par le pilote à l'aide d'un levier. Reculé au début d'une rafale, ce siège, entraînant le corps du pilote, déplace le centre de gravité de l'avion vers l'arrière et facilite l'ascension contre le vent. Avancé, au moment du maximum d'une rafale, il ramène le centre de gravité en avant ; il aide, dans

ces conditions, au basculement de l'appareil sur son axe, amorce la descente en vol plané et permet d'éviter les accidents dus à la perte de vitesse.

Empennage. — Il n'existe qu'un empennage horizontal qui peut se tordre, se lever ou s'abaisser comme la queue de l'Oiseau.

Avec cet appareil, dès qu'il sera mis au point, j'ai l'intention d'effectuer des vols au-dessus de la mer, de façon à bien préciser les conditions du vol à voile dans les régions maritimes. Les résultats que j'obtiendrai seront consignés dans une autre publication.

Les Allemands s'efforcent, depuis la guerre, de rendre pratique le vol à voile pour l'Homme. En 1920, le plus long vol réalisé ne fut que de 1 800 mètres avec une hauteur de chute de 330 mètres. En 1921, Klemperer, sur un monoplan type Junkers, a pu effectuer un véritable voyage, allant de la Wasserkuppe, dans la région de la Röhn, jusqu'à Gersfeld, après avoir décrit de véritables huit et après s'être trouvé, à la sixième minute après son envolée, à 100 mètres au-dessus de son point de départ. La durée de ce vol fut de treize minutes trois secondes. Harth, peu de temps après, a porté le record de la durée à vingt et une minutes, avec un appareil qui n'est pas sans analogie avec le mien, comme forme et comme dimensions.

Les pilotes allemands, pour pratiquer le vol à voile, ont utilisé, étant donnee la constitution de la région où ils ont opéré, les vents horizontaux rendus franchement ascendants, et HARTH (*27*) a affirmé n'avoir réussi que parce que ses surfaces portantes peuvent s'adapter à tous les coups de vent irréguliers. Il considère que les coups de vent constituent des obstacles dans la plupart des cas, obstacles que les avions actuels sont obligés de vaincre en gaspillant uniquement de la force motrice ; seules les surfaces portantes pouvant à tout moment se présenter sous le meilleur rapport de la sustentation à la résistance permettent, dit ce pilote, de voler rationnellement en employant le minimum de force motrice. C'est ce que je m'efforce de faire comprendre depuis 1914.

CONCLUSIONS

Il semble difficile d'exprimer brièvement les conclusions d'une étude qui a nécessité un si grand nombre d'observations et de mensurations. Cependant, si l'on se reporte aux sommaires placés en tête de chaque chapitre et qui indiquent l'essentiel des questions abordées dans ce travail, on se rend compte que les résultats sont basés sur la qualité du vol et que, par conséquent, la forme de l'Oiseau et des organes du vol dérive tout entière du genre de vol utilisé par l'animal et est en rapport direct avec le mode de locomotion aérienne.

C'est justement parce que j'ai été amené à faire une classification des Oiseaux fondée sur la détermination exacte du mécanisme du vol battu et du vol à voile que j'ai pu cependant trouver des lois générales qu'il est possible de résumer ici.

1° Dans le vol battu, les ailes largement déployées se portent d'abord en avant par leurs pointes, puis s'abaissent et frappent un coup brusque pour trouver un point d'appui sur l'air. Lorsque ce point d'appui est obtenu, l'Oiseau se projette en avant, exécutant un véritable saut dans l'espace ; à la fin de cette projection, se produit la remontée de l'aile. Les rameurs progressent tous de cette même façon ; les différences qui existent entre les divers groupes résident seulement dans la longueur des temps de planement qui peuvent survenir entre deux séries de battement et dans la plus ou moins grande fréquence des coups d'ailes au cours du vol battu lui-même.

2° Dans le vol à voile, l'Oiseau utilise les vents ascendants et les vents horizontaux faibles ou les vents horizontaux forts. Les voiliers marins se servent surtout des vents horizontaux coupés par des rafales dans lesquelles on distingue une période de croissance de la vitesse du vent, une période maxima, une période où la vitesse du vent décroît et une période d'accalmie relative.

Or, les voiliers se présentent toujours le bec au vent lorsque la vitesse du vent est croissante, au début d'une rafale ; à ce moment ils gagnent de la hauteur ; ils filent avec le vent arrière ou planent, quand la rafale s'éloigne, par conséquent lorsque la vitesse du vent est décroissante et pendant les accalmies ; donc toujours à ce moment ils perdent de la hauteur.

3° La longueur relative du corps est liée à la plus ou moins grande extension du cou et de la queue, le développement du cou étant la conséquence non du mode de vol utilisé, mais du genre de vie de l'animal.

4° Les Oiseaux voiliers et les ramo-planeurs ont une grande surface alaire. Les vrais rameurs ont une petite surface d'ailes. Les premiers volent à voile et planent en raison de l'étendue de leur surface portante. Les seconds battent des ailes par suite de la trop grande réduction de celles-ci. Au-dessous d'une surface relative égale à 17, le vol battu est seul possible, à moins que l'Oiseau ne soit en mesure d'utiliser les vents horizontaux forts. De ces faits, il résulte que les ailes des planeurs supportent la plus faible charge et celles des rameurs la plus lourde charge.

5° Le poids relatif des ailes varie dans l'ensemble comme la surface alaire relative; mais certains groupes d'Oiseaux comme les Rapaces nocturnes, les Échassiers et les Passereaux rameurs ont des ailes très légères comparativement à leur étendue. D'autres, comme les Gallinacés, les Colombins et les Palmipèdes rameurs, ont au contraire des ailes lourdes, proportionnellement près de deux fois plus pesantes que celles des premiers.

6° L'envergure relative varie dans l'ensemble comme l'étendue de la surface alaire. Toutefois certains groupes, ceux qui vivent dans les grands courants d'air, ont relativement une envergure supérieure à celle que laisserait prévoir l'étendue de leurs ailes. Cela tient à ce que leurs ailes sont étroites ; aussi l'acuité des ailes est-elle petite, relativement, chez les Oiseaux terrestres et inférieure en général à 5, alors qu'elle est très grande chez les Oiseaux d'eau et très supérieure à 5.

7° Le développement des rayons osseux est en relation directe avec l'envergure; par contre, la longueur relative des

os de la main est en rapport avec la longueur relative du fouet, celui-ci étant d'autant plus long que l'Oiseau est bon planeur, bon voilier, ou bien vole avec des battements d'ailes très violents ;

8° La forme de l'aile est en dépendance directe avec la qualité du vol. Ovale chez les planeurs ou les voiliers utilisant les vents ascendants et horizontaux faibles, elle s'effile et devient, chez les rameurs, de plus en plus triangulaire à mesure que la fréquence des battements devient plus grande. Elle est allongée aussi chez tous les Oiseaux qui vivent dans les grands courants d'air, dont l'action a pour effet de diminuer la profondeur des ailes, et cela quel que soit le mode de vol. En outre, l'aile présente une grande épaisseur chez les voiliers et une courbure très accentuée chez les Oiseaux aquatiques ou riverains. Chez les voiliers marins en particulier, cette courbure se modifie au cours du vol par suite de l'élasticité des extrémités et des bords postérieurs de l'aile.

9° Les Oiseaux terrestres ont tous une queue assez grande plus ou moins développée, la longueur de cet organe étant dans un rapport assez constant avec celui du corps. Les Oiseaux aquatiques ou riverains vivant dans les grands courants d'air ont une queue courte, et celle-ci est encore plus réduite chez les Oiseaux plongeurs, l'action tourbillonnaire de l'eau ayant eu pour effet de raccourcir considérablement la queue et même de la faire disparaître, et cela quel que soit l'ordre auquel appartient le plongeur.

En outre, il existe aussi des queues légères : Échassiers, Rapaces nocturnes, et des queues lourdes : Colombins, Rapaces ramo-planeurs, Palmipèdes voiliers et les vrais Oiseaux plongeurs.

10° Il existe une relation inverse entre la surface alaire et le poids des muscles pectoraux. Plus la surface des ailes est considérable, plus les pectoraux sont petits, et réciproquement. Les Oiseaux qui ont une grande surface alaire ne font pas de grands efforts pour voler ; leurs muscles restent petits. Ceux qui ont une petite surface d'ailes sont obligés de battre des ailes pour se soutenir dans les airs. D'où un effort considérable et hypertrophie des pectoraux. Et cela est vrai aussi

pour le cœur, la grosseur de tous ces organes étant en rapport avec l'effort à accomplir. Chez les voiliers et les planeurs, les releveurs sont petits, la remontée de l'aile étant presque automatique quand il y a battement. Chez les rameurs, ces releveurs sont très développés, d'autant plus que la surface alaire est plus petite et les coups d'ailes plus nombreux.

11° La hauteur du bréchet est minime chez les Oiseaux à petits muscles pectoraux et élevée chez les espèces à gros muscles ; elle est plus faible qu'il ne conviendrait chez les Palmipèdes rameurs; mais cette réduction est compensée par l'allongement du sternum.

12° Les voiliers et les planeurs ont le tronc large et peu élevé ; les rameurs ont le tronc plus étroit en largeur et plus épais en hauteur en raison du développement de leur bréchet et des muscles pectoraux, exception faite pour les Palmipèdes rameurs, dont le corps s'est allongé et aplati ainsi que les muscles pectoraux sous l'action tourbillonnaire de l'eau.

13° La pointe ventrale du maître-couple est placée en avant du tronc chez les Oiseaux voiliers et planeurs, qui sont des volateurs lents et plus en arrière chez les rameurs par vol rapide. Il en est de même pour le centre de gravité qui, en outre, est dorsal chez les voiliers et les planeurs et situé aux environs de la moitié de la hauteur du corps chez les rameurs.

14° L'étude du vol à voile montre que ce mode de vol n'a rien de mystérieux et peut être réalisé par l'Homme : il suffit pour cela de copier les mouvements exécutés par les voiliers.

Le programme qui s'impose en raison de ces conclusions est donc de multiplierles travaux de cette sorte, car si, comme je l'ai indiqué, ils ont comme résultat immédiat de permettre de définir l'influence du milieu sur l'organisme des êtres vivants, ils peuvent nous amener aussi à mieux connaître les conditions aérodynamiques du vol et, par conséquent, apporter une contribution importante à la conception du plus lourd que l'air. Et pour cela point n'est besoin de faire œuvre d'imagination dans un cabinet. Il suffit d'utiliser les moyens que la nature met à notre disposition comme à celle des êtres volants et d'imiter tout simplement nos maîtres en aviation, les Oiseaux.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. Alix. — *Essai sur l'appareil locomoteur des Oiseaux*, Paris, 1874.
2. Amans. — *Étude expérimentale sur les Zooptères*, Paris, 1910.
3. — Du rôle des formes animales dans les progrès de la navigation aérienne et aquatique (*Bull. Sc. de la France et de la Belgique*, t. XL, 1906).
4. R. Anthony. — Les organes de la locomotion aérienne chez les Vertébrés volants, Paris 1913.
5. Argyll (Duc d'). — *Reign of law, good works*, 1865, et Les lois naturelles appliquées dans le vol des Oiseaux (*l'Aéronaute*, avril juin, août 1868 et mars 1869.)
6. Avanzini. — *Instituto nazionale italiano*, t. I, part. I.
7. Barthez. — *Nouvelle mécanique des mouvements de l'Homme et des animaux* Carcassonne, 1798.
8. Basté. — Mémoire relatif au problème de la locomotion dans l'air (*l'Aéronaute*, numéros de sept., oct. et nov. 1887).
9. Bazin. — *Mémoires inédits de l'Académie des Sciences*, 1888.
10. — Théorie et imitation du vol à voile (*Revue scientifique*, 17 et 24 juin 1905).
11. Bollée (L.). — Étude du vol à voile des Oiseaux (*l'Aérophile*, 1907).
12. Borelli. — *De motu animalium*, t. I, 1680.
13. Brehm. — *La vie des animaux. Les Oiseaux*. Paris.
14. Bretonnière. — Étude sur le vol plané (*l'Aéronaute*, juin et juillet 1889, avril et mai 1890).
15. Cayley. — Sur la navigation aérienne (*l'Aéronaute*, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre 1877, traduit du *Nicholson Journal*, 1809, V. 24).
16. Cousin. — Le vol à voile, Paris, 1910.
17. — Le vol à voile. Le rapport des masses et des surfaces (*Avia*, 15 janvier 1910).
18. Cousin et Guigon. — Le déterminisme de la forme sur le vol et la vitesse de l'Oiseau (*la Technique aéronautique*, 1913).
19. Cousin. — La stabilité des Oiseaux (*la Technique aéronautique*, 1913).
20. Dubochet. — *Recherches sur le vol des Oiseaux*, Nantes, 1834.
21. Esterno (d'). — *Du vol des Oiseaux*, Paris, 1865.
22. Fabrice d'Acquapendent — *De alarum actione, hoc est' de volatu*, Padoue, 1618.
23. Froude. — On the soaring of birds (*Proceedings of the royal Society of Edinburgh*, t. XV, 1888).
24. Grober. — Ueber Massenverhältnisse am Vögelherzen (*Arch. Ges. Physiol.*, Bd. CXXV, 1908).
25. Hankin. — *Animal Flight. A record of observations*, Londres, 1913.

26. Hartings. — *Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, t. IV, 1869.
27. Harth et Messerschmidt. — Die Erforschung des Segelfluges (*Flugsport*, n° 6, 15 mars 1922).
28. Houssay et Magnan. — La surface alaire, le poids des muscles pectoraux et le régime alimentaire chez les Oiseaux carinatés (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 6 nov. 1911).
29. — L'envergure et la queue chez les Oiseaux (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 2 janvier 1912).
30. — — Indications préliminaires sur les rapports entre la forme des Oiseaux et les qualités de leur vol (*C. R. du Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 1912).
31. Houssay. — Forme, puissance et stabilité des poissons, Paris (*Coll. de Morphol.* dyn., n° 4, 1912).
32. — La vibration propulsive. Vol plané et vol battu chez les Oiseaux (*C. R. de l'Ac. des Sciences*, 22 juin 1914).
33. — Sur un indice morphologique du vol chez les Oiseaux (*Bull. du Museum d'Hist. nat.*, nos 6 et 7, 1919).
34. Huber. — *Observations sur le vol des Oiseaux de proie*, Genève, 1784.
35. Idrac. — *Études expérimentales sur le vol à voile*, Paris, 1922.
36. Lanchester. — *Aérodonétique*, Paris, 1916.
37. Langley. — The internal Work of the Wind (*Smithsonia Contributions to Knowledge*, 1893).
38. Legal et Reichel. — Ueber die Beziehung der Flugmusculatur (*A. d. anatomischen Institut z. Breslau*, 1882).
39. Liais. — Sur le vol des Oiseaux (*C. R. de l'Acad. d. Sciences*, avril 1881).
40. Lilienthal. — *Der Vogelflug als grundlage des Fliegekunst*, 1889.
41. Louvrié (de). — *Vol des Oiseaux. Équation du travail. Erreur de Navier*, 1866.
42. Lucy (de). — Le vol des Oiseaux (*Presse scientifique des Deux Mondes*, 1865).
43. Magnan. — Le poids des ailes chez les Oiseaux carinatés (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 7, 1911).
44. — Le poids des rémiges chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 1, 1912).
45. — Recherches biométriques sur les membres supérieurs des Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 1, 1912).
46. — Le poids des rectrices chez les Oiseaux carinatés (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 3, 1912).
47. — Le poids des muscles pectoraux et le poids du cœur chez les Oiseaux (*C. R. de l'Assoc. fr. p. l'Avanc. des Sciences. Congrès de Nîmes*, 1912).
48. — Rapports entre la puissance du vol et le développement des poumons chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 7, 1912).
49. — Modifications organiques consécutives chez les Oiseaux à l'absence de vol (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 8, 1912).
50. — Relations chez les Oiseaux entre le poids de leurs muscles pectoraux et leur manière de voler (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 1, 1913).
51. — Rapport de la surface alaire avec le poids du corps chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 2, 1913).
52. — Variations de la surface alaire chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 2, 1913).
53. — Données pour la construction d'un monoplan idéal tirées des caractéristiques des Oiseaux (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 9 juin 1913).

54. MAGNAN. — Recherches relatives à la longueur de la queue chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 6, 1913).
55. — L'acuité de l'aile chez les Oiseaux (*Bull. du Muséum d'Hist. nat.*, n° 6, 1913).
56. — Morphologie dynamique des Oiseaux appliquée au calcul des dimensions d'une aviette (*Note prés. à l'Acad. des Sciences*, 16 juillet 1913).
57. — Les caractéristiques des Oiseaux marins (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 16 mars 1914).
58. MAGNAN et DE LA RIBOISIÈRE. — Procédé pour calculer la surface du corps chez l'Homme (*Note prés. au Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 15 avril 1914).
59. — — Recherches sur le maître-couple des Poissons (avec données pour la construction d'un dirigeable idéal tirées de l'étude de la forme des Poissons) (*Mémoire prés. au Congrès des Sociétés savantes*, Paris, 15 avril 1914).
60. MAGNAN. Sur un nouvel appareil permettant à l'Homme de pratiquer le vol à voile (*Communication faite au Congrès des Sociétés savantes*, 16 avril 1914).
61. — De l'action tourbillonnaire de l'eau sur le corps et la queue des Oiseaux plongeurs (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 24 janvier 1921).
62. — De la variation en poids des muscles abaisseurs et releveurs de l'aile suivant l'étendue de la surface alaire chez les Oiseaux (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 25 avril 1921).
63. — Le rapport de la surface alaire à la surface caudale chez les Oiseaux (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 17 mai 1921).
64. — Le vol des Oiseaux. Directives que l'on peut en tirer pour l'aviation (*la Technique aéronautique*, 15 déc. 1921, 15 janv. et 15 févr. 1922, et *Éd. Roche d'Estrez*, Paris, 1922).
65. — Pour voler à voile comme les Oiseaux. Étude expérimentale sur vol à voile (*l'Air*, 1921 et 1922, et *Éd. Roche d'Estrez*, Paris, 1922).
66. MAGNUS. — Physiologische, anatomische Untersuchungen ueber das Brustbein der Vögel (*Arch. de Reichert et Dubois*, Reymond, 1868).
67. MARCHAND. — Note sur les mouvements individuels des plumes des Oiseaux (*l'Aéronaute*, mai 1870).
68. MAREY. — *La machine animale*, Paris, 1873.
69. — *Le vol des Oiseaux*, Paris, 1890.
70. MAXIM (Sir HIRAM). — *Le vol naturel et le vol artificiel*, Paris, 1909.
71. MOUILLARD. — *L'empire de l'air*, Paris, 1881.
72. — *Le vol sans battement*, Paris, 1912.
73. MULLENHOFF. — Die Grösse der Flugsflaschen (*Arch. d. Pflüger*, Bd. XXV, 1884).
74. ŒHMICHEN. — *Nos maîtres les Oiseaux*, Paris, 1920.
75. OWEN. — *Comparative Anatomy and Physiology of Vertebrates*, Londres, 1866-1868.
76. PARKER. — A monograph of the structure and developpement of the Shouldergirdle and Sternum of the Vertebrata (*Ray's Society*, 1868).
77. PARROT. — Ueber die Grössenverhältnisse des Herzens bei Vögeln (*Zool. Jahrb.*, Bd. VII, 1894).
78. PÉNAUD. — Les lois du glissement dans l'air (*l'Aéronaute*, janvier 1873).
79. PETTIGREW. — *La locomotion chez les Animaux*, Paris, 1887.
80. PRETCHL. — *Untersuchungen über den Flug der Vögel*, Wien, 1846.
81. RICHET et RICHET. — Observations relatives au vol des Oiseaux (*Arch. di Fisiologia*, vol. VII, 1909).
82. SÉE. — *Le vol à voile et la théorie du vol louvoyant*, Paris, 1909.

83. Silberschlag. — Von dem Fluge der Vögel (*Schriften der Berlin. Gesell. Nat. Freunde*, Bd. II, 1781-1784).
84. Soreau. — *État actuel et avenir de l'aviation*, Paris, 1908.
85. Strauss-Durckheim. — *Théologie de la nature*, 1852.
86. Strohl. — Die Massenverhältnisse des Herzens im Hochgebirge (*Zool. Jahrb.*, Bd. XIII, 1910).
87. Tatin. — *Théorie et pratique de l'Aviation*, Paris, 1910.
88. Tiedemann. — *Anatomie u. Naturgeschichte der Vögel*, Heidelberg, 1810.
89. Weyher. — *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 15 janv. 1905.
90. Wunsche. — Considération sur le vol des Oiseaux (*l'Aéronaute*, juin 1884).

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I. — Variations et types morphologiques de la surface alaire suivant le mode de vol.

(*Les ailes sont ramenées aux dimensions qu'elles auraient si chaque Oiseau pesait un gramme et réduites ensuite d'un quart.*)

1. Circaète Jean le Blanc, *Circaëtus gallicus* (Gmel.) (Rapace diurne voilier).
2. Effraye commune, *Tyto alba* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
3. Grue cendrée, *Megalornis grus* (L.) (Échassier ramo-planeur).
4. Goéland marin, *Larus marinus* (L.) (Palmipède voilier).
5. Crave ordinaire, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* (L.) (Corvidé ramo-planeur).
6. Faucon pèlerin, *Falco peregrinus* (Tunst). (Rapace diurne ramo-planeur).
7. Engoulevent d'Europe. *Caprimulgus europæus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
8. Grand Pluvier à collier, *Charadrius hiaticula* (L.) (Échassier rameur riverain).
9. Tourterelle vulgaire, *Tnrtur turtur* (L.) (Colombin rameur).
10. Tercol ordinaire, *Jynx torquilla* (L.) (Passereau rameur à vol peu soutenu).
11. Garrot vulgaire, *Clangula clangula* (L.) (Palmipède nageur rameur).
12. Grand Coq de bruyères, *Tetrao urogallus* (L.) (Gallinacé rameur).
13. Pingouin torda, *Alca torda* (L.) (Palmipède plongeur rameur).

Planche II. — Envergure et morphologie des divers types d'Oiseaux vus de face.

(*Les individus sont ramenés à la taille qu'ils auraient s'ils pesaient un gramme et réduits d'un tiers.*)

1. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* (L.) (Palmipède voilier).
2. Aigle fauve, *Aquila chrysaëtus* (L.) (Rapace diurne voilier).
3. Effraye commune, *Tyto alba* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
4. Héron cendré, *Ardea cinerea* (L.) (Échassier ramo-planeur).
5. Faucon-Crécerelle, *Falco tinnunculus* (L.) (Rapace diurne ramo-planeur).
6. Martinet noir, *Apus apus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
7. Crave ordinaire, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* (L.) (Corvidé ramo-planeur).

Planche III. — Envergure et morphologie des divers types d'Oiseaux vus de face.

(*Les individus sont ramenés à la taille qu'ils auraient s'ils pesaient un gramme et réduits d'un tiers.*)

1. Combattant variable, *Machetes pugnax* (L.) (Échassier rameur riverain).
2. Pigeon ramier, *Columba palumbus* L. (Colombin rameur).
3. Verdier ordinaire, *Chloris chloris* (L.) (Passereau rameur à vol soutenu).

4. Oiseau-Mouche, *Eupherusa eximia* (Del) (Passereau vibrateur).
5. Fuligule milouinan, *Nyroca marila* (L.) (Palmipède nageur rameur).
6. Macareux moine, *Fratercula arctica* (L.) (Palmipède plongeur rameur).
7. Grouse, *Lagopus scoticus* (Lath.) (Gallinacé rameur).

PLANCHE IV. — FORMES ET POSITION DU MAÎTRE-COUPLE SUIVANT LE MODE DE VOL.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Maître-couple : trait blanc.*)

1. Buse commune, *Buteo buteo* (L.) (Rapace diurne voilier).
2. Grand-Duc ordinaire, *Bubo bubo* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
3. Autour des Palombes, *Accipiter gentilis* (L.) (Rapace diurne ramo-planeur).
4. Perdrix grise, *Perdix perdix* (L.) (Gallinacé rameur).

PLANCHE V. — FORMES ET POSITION DU MAÎTRE-COUPLE SUIVANT LE MODE DE VOL.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Maître-couple : trait blanc.*)

1. Mouette rieuse, *Larus ridibundus* L. (Palmipède ramo-planeur).
2. Oie rieuse, *Anser albifrons* (Scop.) (Palmipède nageur rameur).
3. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* (L.) (Palmipède nageur rameur).
4. Guillemot troille, *Uria troille* (L.) (Palmipède plongeur rameur).

PLANCHE VI. — POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ ET CARACTÉRISTIQUES SUIVANT LE MODE DE VOL.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Centre de gravité : point noir ou blanc.*)

1. Buzard Saint-Martin, *Circus cyaneus* (L.) (Rapace diurne voilier).
2. Chouette hulotte, *Strix aluco* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
3. Crave ordinaire, *Pyrrhocorax pyrrhocorax* (L.) (Corvidé ramo-planeur).
4. Pigeon ramier, *Columba palumbus* (L.) (Colombin rameur).

PLANCHE VII. — POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ ET CARACTÉRISTIQUES SUIVANT LE MODE DE VOL.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Centre de gravité : point blanc ou noir.*)

1. Faucon-Crécerelle, *Falco tinnunculus* L. (Rapace diurne ramo-planeur).
2. Martinet noir, *Apus apus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
3. Grive litorne, *Turdus pilaris* (L.) (Passereau rameur à vol soutenu).
4. Grand Coq de bruyères, *Tetrao urogallus* (L.) (Gallinacé rameur).

PLANCHE VIII. — POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ ET CARACTÉRISTIQUES SUIVANT LE MODE DE VOL.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Centre de gravité : point noir ou blanc.*)

1. Héron cendré, *Ardea cinerea* (L.) (Échassier ramo-planeur).

2. Combattant variable, *Machetes pugnax* (L.) (Échassier rameur riverain).
3. Courlis cendré, *Numenius arquatus* (L.) (Échassier rameur riverain).

Planche IX. — Position du centre de gravité et caractéristiques suivant le mode de vol.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Centre de gravité : point noir.*)

1. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L. (Palmipède voilier).
2. Frégate, *Fregata aquila* (L.) (Palmipède voilier).
3. Plongeon lumme, *Gavia arctica* (L.) (Palmipède plongeur rameur).
4. Macareux moine, *Fratercula arctica* (L.) (Palmipède plongeur rameur).

Planche X. — Position du centre de gravité et caractéristiques suivant le mode de vol.

(*Les dimensions des Oiseaux vus de dessous sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun d'eux pesait un gramme et réduites d'un tiers. Centre de gravité : point noir.*)

1. Cygne sauvage, *Cygnus cygnus* (L.) (Palmipède nageur rameur).
2. Grèbe jougris, *Colymbus griseigena* Bodd. (Palmipède plongeur rameur).
3. Fuligule milouinan, *Nyroca marila* (L.) (Palmipède nageur rameur).
4. Harle piette, *Mergus albellus* (L.) (Palmipède plongeur rameur).

Planche XI. — Grandeur relative des rayons des bras suivant les groupes.

(*Les dimensions des divers segments osseux sont ramenées à celles qu'ils auraient si tous les Oiseaux pesaient un gramme et grandies trois fois.*)

1. Grand-Duc ordinaire, *Bubo bubo* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
2. Mouette rieuse, *Larus ridibundus* (L.) (Palmipède ramo-planeur).
3. Bihoreau d'Europe, *Nycticorax nycticorax* (L.) (Échassier ramo-planeur).
4. Torcol ordinaire, *Jynx torquilla* (L.) (Passereau rameur à vol peu soutenu).
5. Aigle de Bonelli, *Hieraëtus fasciatus* (Vieill.) (Rapace diurne voilier).
6. Œdicnème criard, *Burhinus œdicnemus* (L.) (Échassier rameur terrestre).
7. Engoulevent, d'Europe, *Caprimulgus europæus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
8. Choucas gris, *Colœus monedula spermologus* (Vieill.) (Corvidé ramo-planeur).
9. Tourterelle vulgaire, *Turtur turtur* (L.) (Colombin rameur).
10. Canard sauvage, *Anas platyrhynchus* (L.) (Palmipède nageur rameur).
11. Tetras lyre, *Lyrurus tetrix* (L.) (Gallinacé rameur).

Planche XII. — Le développement du bréchet en fonction du vol.

(*Les dimensions des bréchets vus de côté sont ramenées à celles qu'ils auraient si tous les Oiseaux pesaient un gramme et grossies cinq fois.*)

1. Aigle de Bonelli, *Hieraëtus fasciatus* (Vieill.) (Rapace diurne voilier).
2. Effraye commune, *Tyto alba* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
3. Frégate, *Fregata aquila* (L.) (Palmipède voilier).
4. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L. (Palmipède voilier).
5. Chocard des Alpes, *Graculus graculus* (L.) (Corvidé ramo-planeur).
6. Bihoreau d'Europe, *Nycticorax nycticorax* (L.) (Échassier ramo-planeur).

7. Troglodyte mignon, *Troglodytes troglodytes* (L.) (Passereau rameur à vol presque nul).
8. Faucon hobereau, *Falco subbuteo* L. (Rapace diurne ramo-planeur).

PLANCHE XIII. — LE DÉVELOPPEMENT DU BRÉCHET EN FONCTION DU VOL.

(*Les dimensions des bréchets vus de côté sont ramenées à celles qu'ils auraient si chacun des Oiseaux pesait un gramme et grossies cinq fois.*)

1. Martinet noir, *Apus apus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
2. Bruant jaune, *Emberiza citrinella* (L.) (Passereau rameur à vol soutenu)
3. Oiseau-Mouche, *Eupherusa eximia* (Del.) (Passereau vibrateur).
4. Pluvier guignard, *Charadrius morinellus* L. (Échassier rameur terrestre).
5. Tetras lyre, *Lyrurus tetrix* (L.) (Gallinacé rameur).
6. Tourterelle vulgaire, *Turtur turtur* (L.) (Colombin rameur).
7. Oie cendrée, *Anser anser* (L.) (Palmipède nageur rameur).
8. Pingouin torda, *Alca torda* (L.) (Palmipède plongeur rameur).

PLANCHE XIV. — LA GRANDEUR DU STERNUM VU DE FACE.

(*Les dimensions des sternums sont ramenées à celles qu'ils auraient si tous les Oiseaux pesaient un gramme et réduites de moitié.*)

1. Aigle de Bonelli, *Hieraëtus fasciatus* (Vieill.) (Rapace diurne voilier).
2. Albatros hurleur, *Diomedea exulans* L. (Palmipède voilier).
3. Effraye commune, *Tyto alba* (L.) (Rapace nocturne ramo-planeur).
4. Bihoreau d'Europe, *Nycticorax nycticorax* (L.) (Échassier ramo-planeur).
5. Faucon hobereau, *Falco subbuteo* L. (Rapace diurne ramo-planeur).
6. Chocard des Alpes, *Graculus graculus* (L.) (Corvidé ramo-planeur).
7. Loriot jaune, *Oriolus oriolus* (L.) (Passereau rameur à vol soutenu).
8. Pluvier guignard, *Charadrius morinellus* L. (Échassier rameur terrestre).
9. Martinet noir, *Apus apus* (L.) (Passereau ramo-planeur).
10. Tetras lyre, *Lyrurus tetrix* (L.) (Gallinacé rameur).
11. Tourterelle vulgaire, *Turtur turtur* (L.) (Colombin rameur).
12. Oie cendrée, *Anser anser* (L.) (Palmipède nageur rameur).

DESCRIPTIONS
D'ESPÈCES NOUVELLES DU GENRE "MUSCA"

Par le Dr J. VILLENEUVE

---

1. — Musca Hervei n. sp., ♂ et ♀.

Espèce du groupe de *Musca corvina* F. que j'avais d'abord prise pour *M. Gibsoni* Patton et Cragg, mais distincte et bien caractérisée par le dessin noir du ventre : tous les sternites sont noirs formant une bande médiane droite ; de chaque côté, l'extrémité des tergites est bordée de noir, d'où résulte une rangée de macules étroite et concave en dedans, en forme de parenthèse, l'ensemble pouvant être représenté par le schéma (·). Ce dessin est toujours complet chez le mâle ; chez la femelle, où l'abdomen est tout gris, les macules noires latérales ne sont souvent nettes qu'au bout des premiers tergites.

La taille varie de 5 à 8 millimètres. Chez les grands mâles, l'abdomen est en majeure partie jaune, et le premier segment est encore maculé de jaune dorso-latéralement ; chez les petits mâles, le jaune disparaît et est remplacé par une coloration noire sur laquelle se détachent seulement les reflets de pruinosité blanchâtre.

Le thorax des mâles a les bandes noires médianes nettement écourtées peu après la suture ; chez la femelle, ces bandes, comme cela paraît être la règle générale, redeviennent complètes.

L'aile, à sa face inférieure, ne montre sur la nervure III que quelques longs cils groupés, dans les deux sexes, près de l'origine de la nervure.

Cette espèce est dédiée à M. Hervé-Bazin, qui a rapporté beaucoup d'individus du Tonkin et de la Chine.

2. — Pristirynchomyia lucens n. sp. ♂.

De la taille et de la forme de *Pristirynchomyia lineata* Brunetti, mais ayant l'abdomen d'un jaune plus foncé et avec des bandes noires plus larges. Les sternites abdominaux sont tous noirs. Le thorax porte seulement deux larges bandes noires dorsales, laissant entre elles un intervalle pruineux plus étroit ; les bords latéraux du thorax sont noirs au-dessus de l'insertion des ailes et en arrière. Le scutellum est marqué de noir à sa base et à ses angles antérieurs.

Les taches et bandes noires sont assez luisantes.

Yeux joints. Cuillerons ocracés et nus.

Deux mâles provenant de Kandy (20 mars).

MYODAIRES SUPÉRIEURS PALÉARCTIQUES NOUVEAUX

Par le Dr J. VILLENEUVE

1. — Weberia speculifera Villen. (1).

Le mâle de cette rare et curieuse espèce est encore inédit. Il existe dans la collection Girschner ; Mr. Colbran J. Wainwright a bien voulu me le communiquer. Il appartient au groupe des *Weberia* ayant une paire de soies acrosticales au devant de la suture du thorax, et il a assez bien l'aspect d'un *Dionæa* (R. D.). Yeux distants, le vertex presque de la largeur d'un demi-diamètre d'œil. Tête toute d'un blanc jaunâtre mat et terne, y compris la bande médio-frontale, aussi large que les orbites en avant, aussi large que le vertex en arrière, où les orbites sont nulles ; l'occiput et le péristome gris. Antennes allongées et noires, un peu moins longues que le clypéus ; le troisième article large est un peu étranglé vers la base et mesure environ deux fois et demie le deuxième ; chète noir, pubescent. Palpes noirs, longs et grêles, renflés en palette au devant de la bouche.

Thorax, scutellum et abdomen d'un gris uniforme, à l'exception du dernier tergite abdominal, qui est écourté et d'un noir brillant. Appareil génital épais, cylindrique, s'avançant sous le ventre jusqu'au milieu du tergite II ; il porte une rangée transversale de soies près de sa base. Soies sterno-pleurales : 2 + 1, développées.

Ailes grises, jaunies vers leur insertion ainsi que les nervures ; cuillerons d'un blanc sale ; balanciers à massue obscure. Pattes noirâtres, à griffes allongées. Taille : 6 millimètres.

De Meiningen (Saxe), deux mâles.

(1) Cf. *Bullet. Soc. ent. France*, 1919, n° 17, p. 306.

2. — **Pandelleia otiorynchi**, n. sp., ♂, et ♀.

Le genre *Pandelleia* Villen. (1) appartient au groupe des *Phaniinæ caudatæ*, de Brauer et Bergenstamm. Il comprend des espèces marquées de deux taches noires, rondes et distantes, sur chaque segment abdominal ; le thorax n'a qu'une soie sterno-pleurale, la postérieure; la première cellule postérieure de l'aile est fermée et à pétiole au moins aussi long que la nervure transverse postérieure. L'abdomen de la femelle est incurvé et se prolonge sous le ventre par un long tube cylindrique.

Deux espèces sont déjà décrites : *Pandelleia alpicola* Villen. (2) ♀ et *Pandelleia* (*Etheria*) *sexpunctata* Pand. ♂. Le type de la dernière est un mâle dont les yeux sont un peu distants, séparés par une bande médio-frontale triangulaire, orangée, très large en avant, et par des orbites linéaires, blanches, à reflet noir. Antennes jaunes, un peu grises à la base, noirâtres sur le troisième article qui est discoïde. Palpes jaunâtres, noircis au bout. Thorax gris montrant une étroite bande rousse, de chaque côté, entre les soies intra-alaires et supra-alaires. Scutellum jaune. Abdomen à fond jaunâtre presque totalement recouvert d'un enduit gris blanc. Pattes jaunes, brunâtres à l'extrême base des fémurs et sur les tarses.

Le mâle de *Pandelleia otiorynchi* a des yeux se touchant en arrière. L'occiput est gris, le front orangé, la face blanche. Antennes et palpes jaunes. Thorax à pleures gris cendré, à tergum d'un gris jaunâtre. Scutellum jaune ainsi que l'abdomen ; ce dernier montrant, sur chaque segment, les deux taches d'un noir profond, séparées par la bande médio-dorsale, d'abord noirâtre sur le tergite I, grisâtre sur le tergite suivant, puis effacée sur les derniers tergites plus ou moins vaguement teintés de gris blanc. Ailes hyalines, à nervures pâles ; cuillerons blanchâtres ; balanciers à massue obscure. Pattes jaunes, tarses un peu rembrunis, griffes non allongées.

La femelle est entièrement jaune. Les taches noires de l'abdo-

(1) *F. des J. Natur.*, 1908, n° 450 (Extrait : p. 8-9).
(2) *Bullet. Soc. ent. France*, 1919, n° 19, p. 353.

men sont souvent effacées sur les tergites I et IV; quant à la bande obscure médio-dorsale, elle peut manquer ou ne subsister que par fragments ; enfin, les derniers tergites peuvent être plus ou moins enduits de gris blanc. L'oviscapte est un tube blanchâtre, parfois déprimé en gouttière longitudinale sur son bord supérieur, tronqué au bout, couvrant toute la longueur du ventre. Taille : 5-6 millimètres.

Un mâle et deux femelles reçus d'Allemagne où ils sont sortis d'éclosion, en juillet, de larves parasites d'*Otiorynchus sulcatus* F. Une femelle de France (Reims), que j'avais autrefois rapportée à *Pandelleia sexpunctata* Pand., dont la femelle est inconnue, se trouve être bien pareille aux femelles de *Pandelleia otiorynchi* d'Allemagne.

3. — **Voria pilibasis** n. sp.

Semblable à *Voria trepida* Meig. par la taille et la coloration; en diffère par l'abdomen sans soies discales, par la nervure I de l'aile ciliée seulement dans le tiers basal, par les gênes larges et n'ayant aucune longue soie tournée en bas (descendante), ne portant que quelques petits cils noirs à leur partie supérieure et une soie frontale ascendante.

La tête est blanche. Antennes plus ou moins rousses sur le deuxième article. Palpes entièrement jaunes. Coude de la nervure IV à prolongement court; la transverse apicale se détache à angle droit puis s'infléchit brusquement et reste droite jusqu'au bord de l'aile sans être très inclinée, de sorte que la première cellule postérieure est fermée ou étroitement ouverte.

Deux individus d'Albanie capturés à Prizren, le 16 mai.

4. — **Plagia elata** Meig. var. **nudinerva** Villen. (1).

Cette soi-disant variété est bien une espèce distincte. Outre la nervure I nue, on remarque, chez *Plagia nudinerva*, que la distance entre la petite nervure transverse et la transverse apicale est égale à la moitié du prolongement après le

(1) *Ann. Soc. ent. Belgique*, LX, 1920, p. 200.

coude, tandis que chez *Plagia elata* cette distance mesure toute la longueur dudit prolongement. Il en résulte que la première cellule postérieure se termine, chez *Plagia nudinerva*, plus en avant de l'extrémité de l'aile.

5. — Pseudophorocera triseta n. sp., ♂.

Se distingue par la présence de quatre soies dorso-centrales et de 2 + 1 soies sterno-pleurales, alors que les autres espèces : *Pseudophocera setigera* B. B. (3 d. c.), *Pseudophorocera prima* (4 d. c.), ont 2 + 2 soies sterno-pleurales. A laquelle de ces trois espèces correspond la description de *Pseudophorocera* (*Exorista*) *aristella* Rond. ? On ne saurait le dire, car ces trois espèces ne diffèrent que par la chétotaxie, et Rondani ne l'employait pas.

Je réserve le nom générique de *Ceratochæta* B. B. à deux espèces seulement : *Ceratochæta caudata* Rond. (4 d. c.) et *Ceratochæta secunda* B. B. (3 d. c.), qui ont la même coloration gris clair, le scutellum roux et, chez la femelle, le quatrième tergite abdominal allongé en cône villeux et sans macrochètes.

J'interprète *Pseudophorocera setigera* B. B. d'après la figure 38 de Brauer et Bergenstamm et d'après l'indication de trois soies dorso-centrales consignée par Brauer dans : *Vorarbeiten zu einer Monographie der Muscaria schizometopa* (*Z. B. Ges.*, Bd. XLIII, Abh., p. 478). Un individu de cette espèce, reçu du musée de Wien (Vienne), et qui ne pouvait être l'original, ne m'avait pas paru différent de *Phryxe vulgaris* Fall.

M. le Dr Zerny m'a envoyé deux mâles de *Pseudophorocera triseta*, de son voyage en Albanie en 1918, où ils ont été capturés à Sisevo, près d'Uskùb, le 11 mai. Je possède un mâle du Dauphiné pris en août.

6. — Agriella Zernyi n. sp., ♂.

Le genre *Agriella*, que j'ai décrit pour une espèce vivant en Provence et en Corse (*Agriella Pandellei* Villen.), est étroitement apparenté au genre *Blæsoxipha* Loew, dont il a l'aspect,

les caractères et la conformation des pièces génitales mâles. Il s'en distingue principalement par l'abdomen marqué d'une bande noire médio-dorsale, ayant, à droite et à gauche, sur chacun des segments, une tache noire, fixe, un peu allongée et reposant sur le bord antérieur du segment; par l'absence de peigne apical sous les fémurs des pattes intermédiaires chez le mâle.

Agriella Zernyi a le chète antennaire porteur de cils de moyenne longueur, les gênes densément fournies de petites soies noires sur plusieurs rangs, les soies apicales du scutellum franchement croisées.

Agriella Pandellei est de couleur gris blanchâtre; les soies des gênes sont clairsemées et sur un seul rang; les cils du chète antennaire sont courts, et les soies apicales du scutellum sont grêles, parallèles ou un peu incurvées l'une vers l'autre. Cette espèce nouvelle est dédiée au distingué Dr Zerny, qui m'a communiqué un mâle unique recueilli par lui à Balestrate (Sicile), le 26 mai 1921.

Aux espèces qui précèdent j'ajouterai les trois suivantes, dont je n'ai eu longtemps qu'un unique individu. J'aurais désiré ne les publier qu'après avoir vu d'autres exemplaires, car elles sont assez peu différenciées; cependant, je crois que leur valeur spécifique n'est pas douteuse et que, si elles sont aussi rares qu'elles paraissent, il n'y a pas lieu de surseoir encore à leur description.

7. — **Lydella vexillaria** n. sp., ♂.

Ne diffère de *Lydella nigripes* Fall. que par sa taille plus grande, ses palpes entièrement jaunes, le scutellum en majeure partie roux et dépourvu de soies apicales, même piliformes; enfin, la première cellule postérieure de l'aile est fermée à sa terminaison.

Décrite d'après un mâle recueilli à Tunis (oasis Gafsa). Ce mâle, robuste, mesure 11 millimètres; il a l'abdomen largement rougeâtre sur les flancs des premiers segments. Comme *Lydella nigripes* Fall., il a trois paires bien développées de soies acrosticales présuturales; trois soies dorso-centrales

2 + 1 soies sterno-pleurales. La nervure III de l'aile porte 4-6 cils, groupés à son origine même. La soie verticale externe est accusée.

8. — **Miltogramma Meigeni** n. sp., ♂.

D'après un mâle de Hongrie ayant le front un peu plus large encore que *Miltogramma œstraceum* Fall., auquel il ressemble tellement qu'il n'en est réellement distinct que par les tarses antérieurs simples, sans aucune soie différenciée, le péristome à pilosité blanchâtre en arrière de même que sur la partie inférieure de l'occiput (cette pilosité est noire chez *Miltogramma œstraceum*) ; le troisième article antennaire, enfin, est un peu moins long, et sa coloration n'est pas entièrement grise, mais en partie jaunâtre.

Ce mâle est d'un gris pâle sur lequel tranchent à peine les quatre bandes obscures du thorax et quelques reflets sombres de l'abdomen. La face est blanchâtre.

Si mes souvenirs sont exacts, ce mâle correspond au type de Meigen de *Miltogramma œstraceum* du Muséum de Paris. Je viens de recevoir d'Égypte deux mâles qui semblent bien être *Miltogramma Meigeni*; mais ils sont d'un gris bleu, variété de coloration qu'on observe aussi chez *Miltogramma œstraceum*. On ne les confondra pas avec *Miltogramma Germari* Meig., si l'on tient compte de la largeur du front, de la pilosité entièrement blanche du péristome ; ici, la blancheur de la face envahit même le front.

9. — **Acomyia pyrrhocera** nov sp., ♂ et ♀.

Caractérisé par les antennes rousses, le troisième article seul noir ; les trochanters sont également roux ; les genoux sont rougeâtres ainsi que la face inférieure des fémurs dans son tiers distal. Le segment abdominal II n'a que deux soies marginales médianes.

Une femelle prise à Digne, le 4 juillet, existe dans ma collection. Mr. Colbran J. Wainwright m'a communiqué tout dernièrement un mâle et une femelle bien pareils et provenant du sud de la France.

LE

"THECOCARPUS MYRIOPHYLLUM" L. ET SES VARIÉTÉS

Par Armand BILLARD

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE POITIERS

Au cours de mes recherches sur la famille des Plumularides, j'ai été conduit à établir différentes variétés de l'espèce linnéenne *Thecocarpus myriophyllum* ; je les ai désignées sous les noms de variétés *radicellatus*, *Bedoti*, *orientalis*, *angulatus* et *elongatus*. Bedot, dans un récent et intéressant mémoire (1921), écrit à ce sujet (p.51) : « Plus tard, après avoir étudié les Hydroïdes du *Siboga* (1913), il (Billard) est arrivé à la conclusion que les var. *Bedoti*, *radicellatus* et *elongatus* devaient tomber en synonymie de la var. *orientalis*. » Cette affirmation de Bedot est due à une méprise ; celle-ci a été causée par le fait que j'ai fait précéder la description du *Th. myriophyllum orientalis* d'une liste bibliographique de références qui peut, en effet, être prise pour une liste de synonymie. Je publie cette courte note, d'ailleurs à la demande de M. Bedot, pour éviter que cette erreur se perpétue, et je donne de nouveau les caractères distinctifs essentiels de la forme typique et de ses variétés.

Thecocarpus myriophyllum (L.) typique. — Cette forme, qui a été figurée pour la première fois par Ellis [(1755), Pl. VIII, fig. *a*, A) est caractérisée par ses grandes colonies (50 centimètres et plus) fasciculées, en général simples, c'est-à-dire non ramifiées, et pourvues de longs hydroclades ; parfois cependant il naît vers la base une branche qui, dans la majeure partie de son étendue, se dresse parallèlement à la tige principale ; Ellis a représenté trois colonies dont une double

naissant de la même hydrorhize (1). L'hydrocaule montre des nœuds obliques qui existent aussi chez les diverses variétés.

Les hydrothèques sont plus ou moins profondes et présentent un bord denté avec une forte dent médiane excavée sur sa face externe et quatre ou cinq dents latérales ; la cinquième, située du côté de l'axe, est parfois à peine visible ou complètement effacée ; il existe un repli intrathécal ou mieux une lame intrathécale bien développée, et des épaississements périsarcaux internes (cinq à neuf) qui intéressent seulement la face ventrale et les faces latérales de l'hydroclade, mais n'atteignent pas sa face dorsale ; la dactylothèque médiane s'étend jusqu'au tiers environ (2) de la hauteur de l'hydrothèque et présente une partie libre, courte, en forme de gouttière. Je n'ai pas pu apercevoir d'orifice faisant communiquer directement la cavité de la dactylothèque médiane et celle de l'hydrothèque ; et pour moi il n'y en a pas contrairement à KIRCHENPAUER [(1872), p. 7] et à BEDOT [(1900), p.36], qui n'a pas pu constater sa présence, mais croit cependant qu'elle existe.

Les corbules, supportées par un pédoncule à deux ou trois articles munis d'hydrothèques, sont ouvertes ; les côtes ont la forme de lames recourbées pourvues d'une hydrothèque à leur base et d'une rangée de dactylothèques sur leur bord distal (3).

La colonie typique que j'ai signalée dans mon travail de 1906 (p. 227) et provenant de l'expédition du *Talisman* (dragage 8) montre une particularité intéressante que je n'avais pas remarquée dans les hydrothèques (fig. 1, A) : il part, en effet, de la base de la lame intrathécale un épaississement périsarcal faible qui remonte un peu vers le haut, puis se dirige plus ou moins obliquement vers la face ven-

(1) Cette hydrorhize est formée, comme d'ailleurs dans toutes les variétés, d'une touffe de tubes fins emmêlés ; cette sorte d'hydrorhize se rencontre chez de nombreuses espèces d'Hydroïdes et permet la fixation sur les fonds de sable ou de gravier.

(2) Dans les formes à hydrothèques peu profondes, la dactylothèque médiane atteint jusqu'à la moitié de leur hauteur.

(3) Pour de plus amples détails, je renvoie à PICTET et BEDOT [(1900), p. 38].

trale, qu'il atteint parfois dans le voisinage du point où la dactylothèque médiane devient libre; en outre, la face ventrale des hydrothèques au-dessus de la dactylothèque mé-

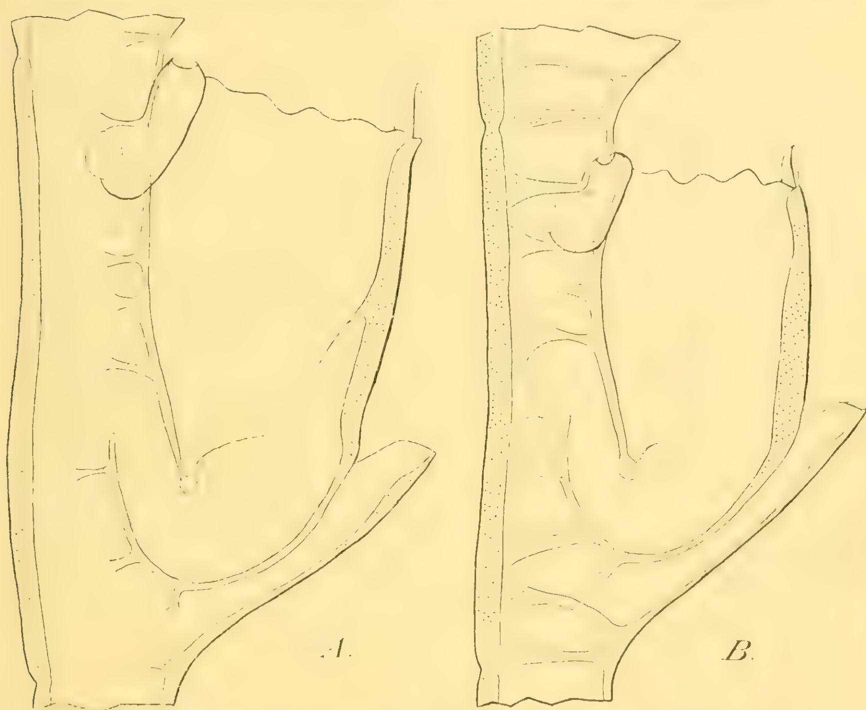


Fig. 1. — Parties d'hydroclades : A, du *T. myriophyllum* du « Talisman » (Dr. 8) ; B, de la var. *radicellatus*. — Gr. : 108.

diane montre un périsarque très épaissi; de son milieu, il en part une ligne faible qui se dirige de chaque côté vers le bas à la rencontre de celle qui part du repli intrathécal, et l'on peut, dans certains cas, observer la continuité entre ces deux lignes ; mais leur disposition est variable.

Chez les formes typiques provenant de Naples, on n'aperçoit, dans certaines hydrothèques, qu'une amorce très faible de l'épaississement partant de la lame intrathécale ; tandis que des colonies typiques provenant de Roscoff ou d'Ouessant montrent cet épaississement, mais plus faiblement marqué que dans le colonie du *Talisman*.

J'ai donné antérieurement (1906) les mesures des hydrothèques des formes typiques que j'avais étudiées ; elles

montrent des variations assez étendues; depuis, j'ai examiné une colonie typique venant d'Ouessant, où les hydrothèques présentent une plus faible hauteur, 395 à 445 μ (non compris la dent médiane) sur 215 μ de largeur à l'orifice.

Var. *radicellatus* (1). — Les caractères de cette variété [Billard (1906), p. 227] sont les suivants : colonies simples, grand développement des épaississements périsarcaux internes de l'hydroclade qui atteignent sa face dorsale et le font paraître cloisonné (fig. 1, B) ; présence dans l'hydrocaule même d'épaississements irréguliers internes qui n'existent ni chez l'espèce type, ni chez la variété *Bedoti* ; écartement plus grand des hydrothèques et présence de deux épaississements au-dessous de chaque hydrothèque, au lieu d'un seul chez la forme type. Les dents de l'hydrothèque sont assez fortes et généralement au nombre de quatre ; la lame intrathécale est bien développée, plus que ne l'indique le dessin de Sars et autant que dans les formes typiques ; l'épaississement périsarcal qui part de sa base existe, mais il est faiblement marqué ; la face ventrale de l'hydrothèque est fortement épaissie.

Var. *Bedoti*. — Cette variété [Billard (1906), p. 227], qui a été bien décrite par Bedot [Pictet et Bedot (1900), p. 37, Pl. VIII, fig. 1 et 2; Pl. IX, fig. 5], a pour principal caractère distinctif son hydrocaule ramifié ; les ramifications, comme l'écrit Bedot, sont dirigées sans ordre apparent dans tous les sens, voire même de haut en bas ; les hydroclades sont en général courts ; les dents latérales des hydrothèques sont peu marquées, et l'on n'en voit guère que trois ; la lame intrathécale est faiblement développée ; les épaississements internes du périsarque sont un peu moins accentués ; le pédoncule des corbules est formé d'un seul article hydrothécal.

(1) Cette variété correspond à l'*Aglaophenia radicellata* décrit par Sars [(1873), p. 97, Tab. II, fig. 1-6], que Bonnevie (1899) et Bedot (1900) ont considéré aussi comme appartenant au *T. myriophyllum*.

Var. *orientalis* (1). — Cette variété, récoltée pour la première fois dans les mers des Indes néerlandaises par l'Expédition du *Siboga*, a été depuis signalée au Japon par JÄDERHOLM, [(1919), p. 25, Taf. VI, fig. 5] ; les colonies sont fasciculées, simples, comme dans le type, jamais ramifiées, mais de taille plus faible ne dépassant pas 7 centimètres; les hydrothèques sont semblables à celles du type (fig. 2), mais plus petites avec trois ou quatre sinuosités latérales et une forte dent médiane ; la lame intrathécale est bien développée, mais les épaississements périsarcaux internes sont faibles ou manquent ; il en existe au maximum trois : un partant du fond de l'hydrothèque, un vers le milieu et un correspondant aux dactylothèques latérales ; les corbules sont tout à fait caractéristiques, car, au lieu d'être ouvertes comme dans le type, elles sont fermées ; elles sont supportées par un pédoncule court à deux ou trois hydrothèques normales ; leur longueur est de 5 à 7 millimètres sur $0^{mm},85$ de large, et l'on compte une vingtaine de paires de côtes (2) avec une hydrothèque basale flanquée en général de ses deux dactylothèques latérales et supportée par un court pédoncule en forme de crête peu saillante ; cette crête montre une dactylothèque un peu en contre-bas des dactylothèques latérales ; parfois elle se prolonge au-dessus de l'hydrothèque et porte alors des dactylothèques en supplément ; parfois l'axe se prolonge en un court éperon qui supporte une hydrothèque.


Fig. 2. — Partie d'hydroclade de la var. *orientalis*. — Gr. : 115.

Var. *angulatus*. — Cette variété a été récoltée aussi par

(1) BILLARD (1913), p. 91, Pl. V, fig. 43, et fig. LXXVI à LXXVIII.

(2) La première côte (et parfois aussi la deuxième) est en partie indépendante et munie de deux rangées de dactylothèques ; il peut aussi exister des côtes libres à l'extrémité distale des corbules.

l'Expédition du *Siboga* au nord-est des îles Aru (sud de la Nouvelle-Guinée) (1); les colonies disposées en touffe atteignent jusqu'à 16 centimètres. Le caractère distinctif le plus frappant est l'angle très net que forme vers le haut le bord latéral des hydrothèques ; chez certaines, les côtés de cet angle sont rectilignes ou presque (fig. 3); tandis que, chez d'autres du même hydroclade, les côtés montrent quatre ou cinq sinuosités ; par suite de cet angle latéral, l'hydrothèque présente, vue de face, une large et assez profonde échancrure dorsale.

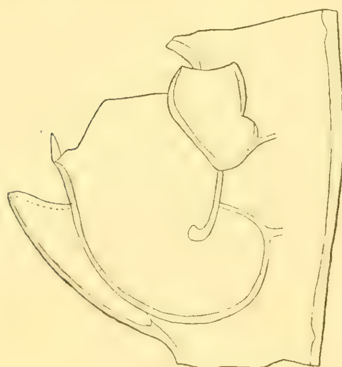


Fig. 3. — Partie d'hydroclade de la var. *angulatus*. — Gr. : 115.

Les corbules sont fermées, mais plus longues que dans la var. *orientalis* (7 à 9 millimètres) et plus étroites ($0^{mm},6$) ; leur pédoncule est formé de cinq à six articles hydrothécaux normaux; à la base de chaque côte, l'hydrothèque fait plus fortement saillie en raison de la plus grande longueur du pédoncule qui la supporte; on compte de vingt à trente paires de côtes, et la première est libre, sauf à sa partie distale ; la paroi de ces corbules est très épaisse, et leur axe se termine par un éperon droit ou recourbé pourvu de dactylothèques en une ou deux rangées et parfois une hydrothèque à la base.

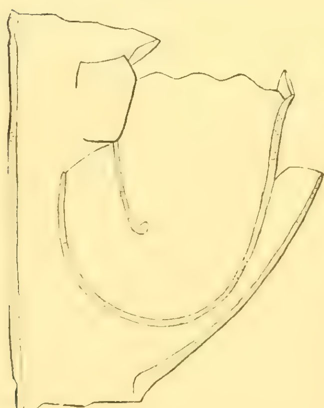


Fig. 4. — Partie d'hydroclade de la var. *elongatus*. — Gr. : 115.

Var. *elongatus* (2). — Cette variété provient de l'Expédition du *Challenger*, et elle a été récoltée au large de Samboangan (îles Philippines). C'est une forme non ramifiée qui atteint 25 centimètres ; elle est caractérisée par le grand

(1) Billard (1913), p. 94, Pl. V, fig. 44 et fig. LXXIX à LXXX.
(2) Billard (1910), p. 51.

écartement des hydroclades, l'intervalle entre deux hydroclades successifs (l'un à droite, l'autre à gauche) étant de $1^{mm},9$ à $2^{mm},9$. Les hydrothèques (fig. 4) sont semblables à celles de la var. *orientalis* avec une lame intrathécale bien développée, mais elles sont moins hautes ; le bord présente quatre sinuosités peu élevées, et les hydroclades sont totalement dépourvus d'épaississements internes.

Un autre caractère très frappant de cette variété, c'est la longueur des corbules, qui atteint $17^{mm},5$ sur $0^{mm},7$ de large ; ces corbules sont fermées ; la première ou les deux premières côtes sont libres, et leur pédoncule compte de sept à seize articles hydrothécaux ; les hydrothèques situées à la base des côtes sont peu saillantes, et la crête basale est courte ; à part leur longueur, les corbules sont semblables à celles de la variété *orientalis*.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1900. Bedot (M.). — Voir Pictet (C.) et Bedot (M.).

1921. Id. — Hydroïdes provenant des campagnes des yachts « Hirondelle » et « Princesse-Alice », *Plumulariidæ* (*Rés. camp. scient. Prince de Monaco*, fasc. LX, 69 p., 6 pl.).

1906. Billard (A.). — *Expéditions scientifiques du « Travailleur » et du « Talisman »*. Hydroïdes, p. 153-244, 21 fig., Paris, Masson, in-4°.

1910. Id. — Révision d'une partie des Hydroïdes du British Museum (*Ann. sc. nat. Zool.* [9], t. XI, 65 p., 24 fig.).

1913. Id. — Les Hydroïdes de l'Expédition du « Siboga ». I. *Plumulariidæ* (*Rés. des expl. zool. bot. océan. et géol. à bord du « Siboga »*, livr. LXX, 114 p., 96 fig., Pl. I-VI).

1899. Bonnevie (Kristine). — Hydroida (*Den norske Nordhavs Exp. 1876-78*, Christiania, in-4°, 103 p., 8 Taf., 3 fig., 1 kart.).

1755. Ellis (J.). — *An essay towards a natural history of the Corallines and other productions of the like kind*, etc., London 1755, in-4° ; en français, La Haye, 1756, 208 p., 63 pl.).

1919. Jäderholm (E.). — Zur Kentniss der Hydroidenfauna Japans (*Ark. f. Zool.*, Bd. XII, 34 p., 6 pl.).

1872. Kirchenpauer. — Ueber die Hydroidenfamilie. L. *Plumulariidæ*; einzelne Gruppen derselben und ihre Fruchtbehälter. I. *Aglaophenia* (*Abh. Ver.*, Hamburg, Bd. V, 52 p., Taf. I-VIII).

1900. Pictet (C.) et Bedot (M.), Hydraires provenant des campagnes de « l'Hirondelle » (*Rés. camp. scient. Prince de Monaco*, fasc. XVIII, 58 p., 10 pl.; les *Plumulariidæ* sont de Bedot seul).

1873. Sars (G.-O.). — Bidrag til Kundskaben om Norges Hydroider (*Forh. Selsk. Christiania*, p. 91-150, Tab. II-V).

LES AFFINITÉS DU "SCLEROPLEURA BRUNETI" A. M.-EDW., TATOU A CUIRASSE INCOMPLÈTE

Par R. ANTHONY

INTRODUCTION (*Historique*).

En 1871, Alph. Milne-Edwards décrivit, d'après une dépouille qu'il tenait de M. Brunet, directeur de l'École d'Agriculture de Fernambouc, une nouvelle espèce de Tatou que, attribuant même à un nouveau genre, il dénommait *Scleropleura Bruneti* (1).

L'animal, tué près du village de San Antonio, dans la province de Ceara au Brésil, devait présenter, autant qu'on en peut juger d'après le peu qui nous en reste (une peau tannée à laquelle manquent non seulement les téguments des pattes et de l'abdomen, mais encore ceux des régions latérales, pour une très grande partie, et qui est en outre complètement dépourvue des poils longs et serrés qu'elle portait, paraît-il, dans sa région dorsale médiane), les caractères les plus singuliers. A. Milne-Edwards note que, chez le *Scleropleura*, les plaques dermiques, au lieu de recouvrir toute la région dorsale du corps comme chez tous les autres Tatous, n'existent que latéralement. « La tête, ajoute-t-il, est large et courte; la face supérieure porte une bordure formée en arrière par une seule rangée et sur les côtés par deux rangées de plaques dont les dimensions diminuent graduellement d'arrière en

(1) Alph. Milne-Edwards, Note sur une nouvelle espèce de Tatou à cuirasse incomplète (*Scleropleura Bruneti*) (*Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Paris*, t. VII, 1871, p. 177-179, Pl. XII). Voir également Id., résumé du même travail, in *Annales des Sc. naturelles*, *Zoologie*, XVI, 1872, art. 3.

avant ; un large espace nu occupe la portion médiane de la tête et se continue postérieurement avec la région nuchale qui est également dépourvue de plaques. Les oreilles sont petites et très écartées l'une de l'autre, ce qui donne à l'animal un aspect très différent des Tatusies dont les oreilles sont grandes et si rapprochées qu'elles se touchent par leur bord interne. Dans la région scapulaire, il y a sur la ligne médiane trois rangées de plaques qu'une ou deux rangées de pièces analogues relient à celles des côtés ; ces dernières sont petites et peu serrées les unes contre les autres. En arrière de cette sorte de ceinture scapulaire, la portion médiane du corps est nue sur une largeur assez considérable et qui augmente dans la région pelvienne. La queue est assez longue et entièrement dépourvue de plaques, si ce n'est dans la moitié postérieure et en dessous, où il en existe quelques-unes très petites (1). »

Cette courte description constitue tout ce que l'on sait à l'heure présente du *Scleropleura*. En le mentionnant, Max Weber (2) le rapproche du genre *Tatu*, ce qui semble peu en rapport avec les conclusions qui ressortent de la description d'A. Milne-Edwards. A peu près nulle part ailleurs il n'est formulé d'avis relativement aux affinités de cet animal. Lahille, cependant, émet l'opinion qu'il « se réunira sans doute un jour aux Dasypides vrais par l'intermédiaire de certaines formes péruviennes encore peu étudiées qui ne possèdent seulement que des plaques petites et disjointes (3) ».

J'ai pensé qu'un examen plus approfondi de la dépouille du *Scleropleura*, dans l'état où elle nous est parvenue, pouvait déjà permettre d'aboutir, en ce qui concerne ses affinités, à des conclusions plus exactes, d'une part, ou plus précises, de l'autre (4), que celles émises jusqu'ici.

(1) A. Milne-Edwards, *Nouvelles Achives du Muséum*, 1871 ; *op. cit.*, p. 178 et 179.

(2) Max Weber, *Die Saügetiere*, Iéna, 1904, p. 455.

(3) F. Lahille, Contribution à l'étude des Édentés à bandes mobiles de la République Argentine (*Annales del Museo de la Plata*, 1895, Seccion zoologica, II, p. 7). Je ne sais à quelles formes Lahille fait ici allusion dans la dernière partie de cette phrase.

(4) Lahille, comme Burmeister, réunit sous le nom de Dasypides, qu'il odpose aux Glyptodontides, l'ensemble des Tatous actuels.

Je prie le professeur Trouessart d'agréer mes plus vifs remerciements pour l'amabilité avec laquelle il a mis à ma disposition la peau tannée du *Scleropleura* qui fait partie des collections de sa chaire.

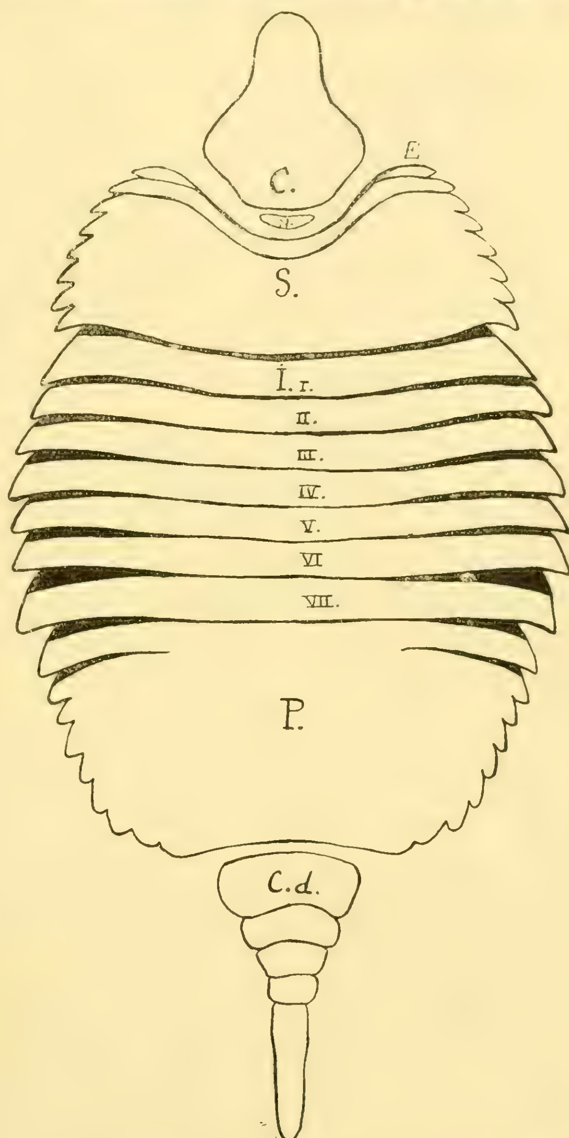


Fig. 1. — Les parties constitutives de la carapace d'un Tatou (*Zaedyus ciliatus* Fischer). — C, bouclier céphalique; N, bande nuchale ; S, bouclier scapulaire; E, Épaulette. — I, II, III, IV, V, VI, VII, bandes mobiles. — P. bouclier pelvien ; C. *d.*, étui caudal. (Cliché extrait de R. Anthony, *Catalogue raisonné*, Paris, Masson, 1920.)

I. — Les régions de la carapace.

La carapace d'un Tatou actuel, quel que soit le groupe auquel il se rapporte, comprend les parties suivantes (Voir fig. 1), dont l'aspect varie suivant les types (1) :

1. Un *bouclier céphalique,* auquel peuvent se

(1) Voir, pour plus de détails, ainsi que sur la classification des Tatous (*Dasypoda*), R. ANTHONY, *Catalogue raisonné et descriptif des Collections d'ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle* : fascicule XI : *Edentata*; sous-fascicule I, *Dasypodidæ*, Paris, Masson, 1920.

rattacher des îlots de plaques sous-oculaires et jugales variables, suivant les types où ils existent, d'aspect et d'étendue.

2. Un *bouclier dorsal* qui comprend :

a. Le *bouclier scapulaire* avec lequel il faut mentionner :

1° La *bande nuchale* qui en dépend morphologiquement. Elle manque chez beaucoup de types ;

2° Les *épaulettes*, qui, morphologiquement, en dépendent aussi. Elles peuvent également manquer.

Bande nuchale et épaulettes représentent des restes de bandes antérieures du bouclier scapulaire.

b. La série des *bandes mobiles.*

c. Le *bouclier pelvien.*

3. Un *étui caudal* réduit seulement à quelques plaques sur les bords latéraux de la queue chez les *Cabassinæ* (*Cabassus* et *Ziphila*).

Avant de parler des solutions de continuité de la carapace du *Scleropleura*, de l'aspect et de la nature de ses éléments, nous allons examiner la façon dont ces diverses régions se présentent chez lui.

1. — Bouclier céphalique.

Le bouclier céphalique d'un Tatou est toujours de forme plus ou moins triangulaire, et on peut, par conséquent, lui distinguer trois bords ou plages, deux latérales et une postérieure, et, trois angles ou caps, deux postéro-latéraux ou nuchaux et un antérieur ou nasal.

Les plages latérales présentent constamment un bord sinueux où l'on distingue, plus ou moins marqués d'arrière en avant (Voir fig. 2, 3, 4, 5) : d'abord un golfe auriculaire où se trouve, comme son nom l'indique, logé le pavillon de l'oreille, contigu d'autre part au bouclier scapulaire et compris, lorsqu'ils existent, entre la bande nuchale et l'épaulette (*Dasypodidæ*) ; puis, un promontoire auriculo-oculaire ou rétro-oculaire parfois très développé et descendant dans un plan vertical sur les faces latérales de la tête comme chez le *Priodontes* (Voir fig. 5 P.), et surtout certains exemplaires de

Tolypeutes (Voir fig. 5 T*p* et T'*p'*.) ; puis, un golfe oculaire où

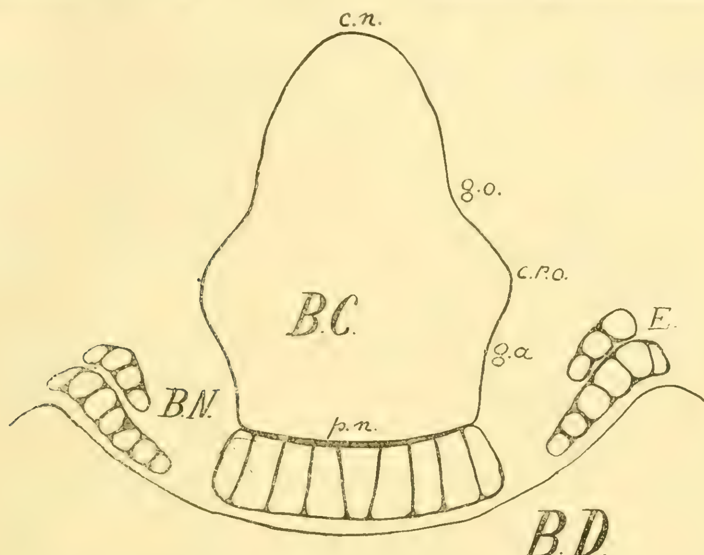


Fig. 2. — Bouclier céphalique de *Dasypus sexcinctus* L. avec les parties adjacentes de la carapace. — BC, bouclier céphalique ; *cn*, cap nasal. ; *go*, golfe oculaire ; *cro*, promontoire rétro-oculaire ; *ga*, golfe auriculaire ; *pn*, plage nuchale. — BN, bande nuchale : E, épaulette. — BD, bouclier dorsal (scapulaire). (Cliché extrait de R. Anthony, *Catalogue raisonné*, Paris, Masson, 1920.)

se trouve, comme son nom l'indique, logé l'œil ; et, enfin, un promontoire préoculaire généralement peu marqué. De

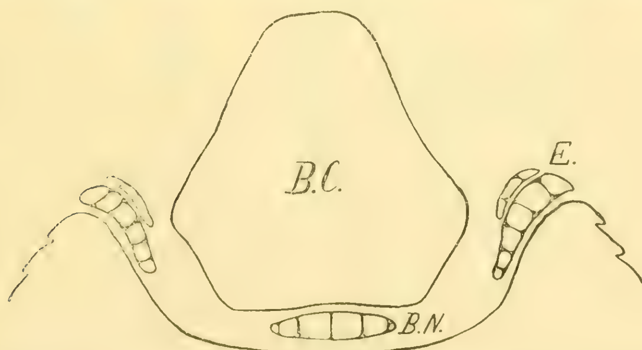


Fig. 3. — Bouclier céphalique de *Zaedyus minutus* Fischer. Même légende qu'à la figure 2. (Cliché extrait de R. Anthony, *Catalogue raisonné*, Paris, Masson, 1920.)

là, jusqu'au cap nasal, la plage latérale est souvent très courte et plus ou moins confondue avec le promontoire, qui en limite en arrière cette partie antérieure.

La plage postérieure est droite, concave ou convexe suivant les cas, transformée chez les *Tatusiidæ* en un véritable promontoire médian (Voir fig. 4, et, 5 T).

Les caps nuchaux sont les sommets souvent mousses d'angles obtus.

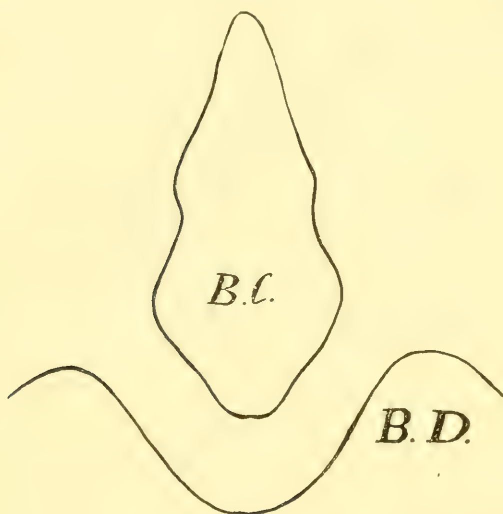


Fig. 4. — Bouclier céphalique de *Tatu navemcinctum* L. Même légende qu'à la figure 2.

Le cap nasal enfin, sommet d'un angle aigu, est souvent tronqué ou arrondi.

Le bouclier céphalique du *Scleropleura* (Voir fig. 5, S, et Pl. I, fig. 2), qui présente une large solution de continuité médiane, possède la forme suivante :

La plage postérieure interrompue par un espace dépourvu de toute plaque est courte, et l'on se rend compte de ce que, si elle eût été continue, elle eût été sensiblement rectiligne ou concave. Les caps nuchaux qui la limitent à droite et à gauche sont mousses et à peine marqués.

Dans les plages latérales, les golfes auriculaires (fig. 5, S, *a*) sont très nettement concaves, assez étendus, mais peu profonds. Les promontoires auriculo-oculaires sont courts et mousses, ne semblant pas, autant qu'on en peut juger, étant donné l'aplatissement de la peau, sensiblement descendre sur les côtés de la face. Les golfes oculaires (*o*) sont très marqués. Les promontoires préoculaires sont mousses, larges et peu accusés, et les parties des plages latérales qui leur font suite en avant sont allongées et sensiblement rectilignes.

Le cap nasal enfin est tronqué.

A cette description, et pour la préciser, on peut ajouter les mesures angulaires suivantes (Voir fig. 6), nécessairement très approximatives :

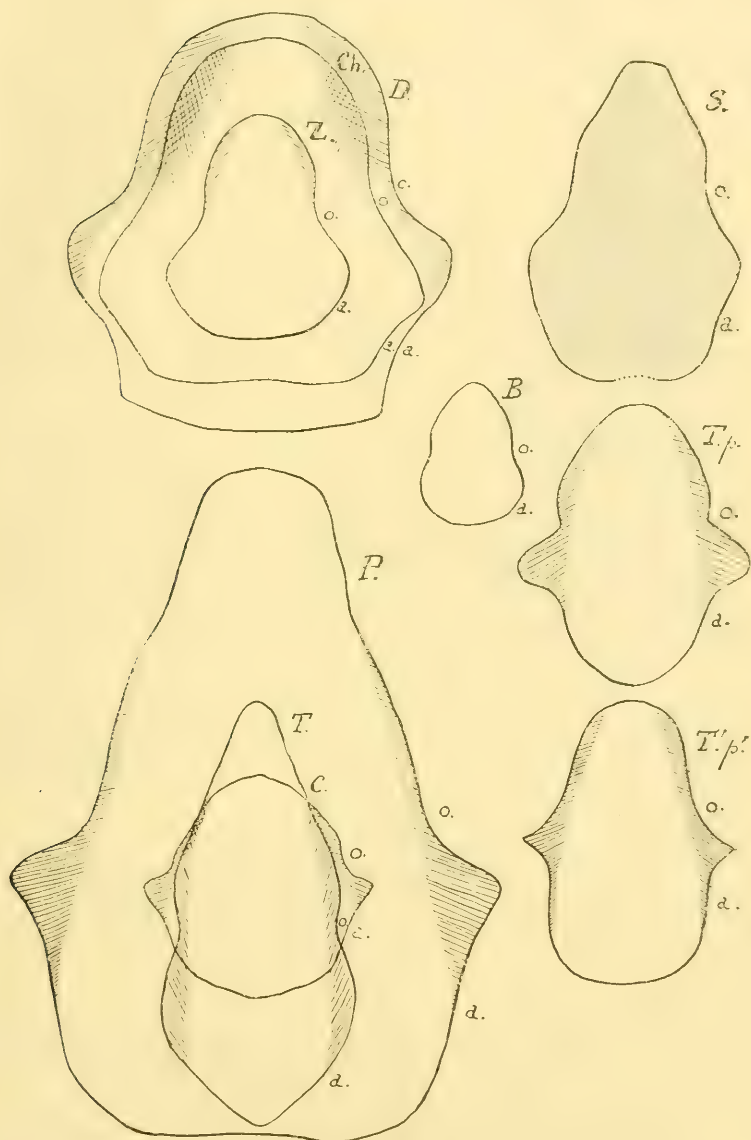


Fig. 5. — Silhouettes des boucliers céphaliques de *Zaedyus* (L.), *Chætophractus* (Ch. *Dasypus* (D.), *Scleropleura* (S.), *Burmeisteria* (B.), *Cabassus* (C.), *Tatu* (T.), *Priodontes* (P.), *Tolypeutes* (T*p* et T'*p*'). *a*, golfe auriculaire ; *o*, golfe oculaire. — Les parties garnies de hachures et ici développées dans le même plan sont orientées verticalement sur le vivant.

Angle du cap nasal (prolongement des bords rectilignes antérieurs du bouclier céphalique)		55°
Angles des promontoires rétro-oculaires	g	125°
	d	122°
Angles des caps nuchaux	g	104°
	d	112°

Les boucliers céphaliques des autres Tatous se prêtent mal à des mesures de ce genre : certains, par exemple (*Ziphila*), ont une forme plus ou moins circulaire ou ellipsoïdale ; d'autres ont des promontoires rétro-oculaires très accusés descendant sur les côtés de la face (*Priodontes* et *Tolypeutes*). L'examen de la figure 5, cependant, permet de se rendre compte de ce que, au point de vue de la valeur de l'angle nasal et des angles nuchaux, c'est du *Priodontes* que le *Scleropleura* se rapprocherait le plus.

Fig. 6. — Schéma des mesures angulaires que l'on peut prendre sur le bouclier céphalique du *Scleropleura*. — *n*, angle nasal; *ro*, angle retro-oculaire ; *an*, angle nuchal.

Priodontes des Collections de Mammalogie. Exemplaire donné par M. de Castelnau (Bahia).

Angle du cap nasal		33°
Les angles des promontoires rétro-oculaires sont impossibles à mesurer en raison du prolongement de ces promontoires sur les côtés de la face.		
Angles des caps nuchaux	g	108°
	d	106°

Un autre élément d'information peut être l'étude des proportions relatives du bouclier céphalique.

Dans l'indice $\frac{\text{largeur} \times 100}{\text{longueur}}$, la largeur a été mesurée au ruban métrique du fond d'un golfe oculaire au fond de l'autre golfe oculaire, en des points qui correspondent à peu près au milieu de la longueur de l'œil, et, suivant une direction perpendiculaire à l'axe du bouclier céphalique. Cette dimension a été préférée à la largeur maxima en raison de ce que les

promontoires rétro-oculaires, dont les pointes sont toujours les extrémités de cet axe, sont chez certaines espèces, comme il a été dit, situées dans un autre plan que le bouclier céphalique lui-même. La longueur est la dimension maxima sur la ligne médiane ; elle a été également mesurée au ruban métrique.

Sériation suivant la valeur croissante de l'indice.

DÉSIGNATION des individus.	N^os DU CATALOGUE.	LARGEUR céphalique en millimètres.	LONGUEUR céphalique en millimètres.	INDICE.
Tatu novemcinctum L.	1901-241 A (1).	38	99	38,33
T. nov.	1911-776 M (2).	37	92	40,2
T. nov.	1901-235 A.	34	82	41,2
T. nov. (jeune)	1880-1934 A.	30	72	41,6
T. nov.	1917-129 A.	44	105	41,9
T. nov.	3 oct. 1908 M.	42	100	42
T. nov	20 fév. 1913 M.	30	70	42,8
Muletia hybrida Desm	1909-342 M.	30	70	42,8
Scleropleura	»	**34,5**	**80**	**43,1**
T. nov.	1901-1088 M.	44	110	44
T. nov.	1868-1362 M.	33	75	44
T. nov.	1893-82 A.	30	68	44,1
M. hybr.	1902-362-2 A.	30	68	44,1
T. nov.	1902-614 A.	37	83	44,5
T. nov.	1900-615 A.	38	85	44,7
T. nov. (jeune)	1901-403 A.	30	66	45,4
T. nov.	1913-352 A.	33	72	45,8
T. nov.	1901-401 A.	34	74	45,9
T. nov.	1909-106 M.	34	70	48,5
Tolypeutes tricinctus L.	E. 93 M.	36	73	49,3
M. hybr.	1902-362 I. A.	27	52	51,8
Priodontes giganteus Ét. Geoffr.	1870-198 A.	88	166	53
Pr. gig.	1901-1085 M.	93	171	54,3
Tol. sp.?	1917-177 A.	41	75	54,6
Pr. gig.	11677 A.	82	143	57,3
Tol. conurus Is. Geoffr.	E. 92 M.	42	71	59,1
Dasypus sexcinctus L.	1910-243 M.	64	106	60,3
Chœtophractus villosus Desm.	1918-45 A.	60	98	61,2
D. sex.	1886-125 A.	65	106	61,3
Zaedyus ciliatus Fischer	1897-447 A.	31	50	62
Ch. vill.	1880-1008 A.	54	87	62
Ch. vill.	10954 A.	56	90	62,2
Ch. vill.	1898-1594 M.	53	85	62,3
D. sex.	1880-1005 A.	68	109	62,3
Ch. vill.	1884-911 A.	50	80	62,5
D. sex.	1886-137 A.	65	104	62,5
Z. cil	1897-458 A.	32	51	62,7

(1) A = Collections d'Anatomie comparée du Muséum.
(2) M = Collections de Mammalogie du Muséum.

DÉSIGNATION des individus.	Nos DU CATALOGUE.	LARGEUR céphalique en millimètres.	LONGUEUR céphalique en millimètres.	INDICE.
Z. cil	1897-461 A.	36	57	63,1
Z. cil	1917-171 A.	34	53	64,1
Ch. vill.	1917-153 A.	58	90	64,4
Ch. vill.	1917-13 M.	62	95	65,2
D. sex.	1892-1392 M.	70	107	65,4
Z. cil.	1897-452 A.	36	55	65,4
Z. cil.	1883-358 M.	38	58	65,5
Ch. vill.	1917-207 A.	59	90	65,5
Z. cil	1897-460 A.	35	53	66
Z. cil	1897-442 A.	33	50	66
Ch. vill	1917-232 A.	57	86	66,2
Z. cil	1897-456 M.	34	51	66,6
Z. cil	1897-469 A.	38	57	66,6
Ch. vill	3328 A.	59	88	67
Z. cil	1897-470 A.	35	52	67,3
Ch. vill	»	58	86	67,3
Z. cil	1897-454 A.	35	52	67,3
Z. cil	1897-450 A.	35	52	67,3
Ch. vill	1908-228 M.	56	83	67,4
Z. cil	1897-473 A.	38	56	67,8
Z. cil	1897-466 A.	36	53	67,9
Z. cil	1897-457 A.	35	51	68,6
Z. cil	1897-471 A.	35	51	68,6
Z. cil	1897-446 A.	40	58	68,9
Z. cil	1897-463 A.	38	55	69
Z. cil	1897-453 A.	32	46	69,5
Z. cil	13804 A.	35	50	70
Z. cil	1897-467 A.	35	50	70
Z. cil	1897-474 A.	35	50	70
Ch. vill	1907-821 M.	58	82	70,7
Z. cil	1897-449 A.	34	48	70,8
Z. cil	1897-464 A.	39	55	70,9
Z. cil	1897-472 A.	38	53	71,6
Z. cil	1897-468 A.	42	58	72,4
Z. cil	1897-445 A.	38	52	73
Z. cil	1883-892 A.	43	58	74,1
Z. cil	1897-455 A.	41	55	74,5
Ziphila lugubris Gray	1886-468 A.	46	59	77,9
Cabassus unicinctus L.	1901-1086 M.	55	64	85,9

Moyenne et mode approximatif de l'indice.

		MOYENNE.	MODE approximatif.
Tatu novemcinctum L.	16 individus.	43,4	44
Priodontes giganteus Ét. Geoffr.	3 —	54,8	»
Dasypus sexcinctus L.	5 —	62,3	62
Chætophractus villosus Desm.	13 —	64,9	62
Zaedyus ciliatus Fischer	30 —	68	67

Le bouclier céphalique du *Scleropleura* (43.1) se place donc

dans les boucliers céphaliques étroits, parmi ceux des *Tatu* et des *Muletia* (42.8 et 44.1), non loin de ceux des *Tolypeutes* (49.3 et 54.6) et des *Priodontes* (1), alors que les boucliers larges seraient au contraire ceux des *Dasypodidæ* (*Dasypus*, *Chætophractus*, *Zaedyus*) et plus encore ceux des *Cabassinæ* (*Cabassus* et *Ziphila*).

Le bouclier céphalique du *Scleropleura* est constitué d'une ceinture de plaques ouverte en arrière et qui en compte soixante-trois. D'une façon générale, ces plaques, grandes en arrière, deviennent, comme l'a noté A. Milne-Edwards, plus petites à mesure que l'on va vers l'avant, caractère existant aussi chez le *Priodontes*.

On peut, au point de vue de leur systématisation, considérer que ces plaques tendent à se répartir suivant des lignes concentriques, une ligne axiale existant en outre en avant. La disposition linéaire est surtout caractéristique en arrière et jusqu'au fond du golfe oculaire (Voir fig. 7, C.). C'est du *Priodontes* et peut-être plus encore du *Dasypus sexcinctus* L. que le *Scleropleura* se rapproche le plus à cet égard. Il s'éloigne du *Chætophractus* et du *Zaedyus*, où l'on voit une ceinture bordante de plaques à l'intérieur de laquelle on distingue, au moins en arrière, et surtout chez le premier, une systématisation plutôt transversale, les plaques tendant à se ranger parallèlement à la ligne de celles de la plage postérieure, plus encore des *Tatusiidæ*, dont les plaques du bouclier céphalique ont une systématisation spéciale et très différente.

Le *Scleropleura* présente un îlot bien isolé de plaques sous-oculaires très comparable à celui qui existe chez le *Dasypus sexcinctus* L. On sait que, dans les sous-genres *Chætophractus* et *Zaedyus*, cet îlot de plaques est remplacé par une touffe de poils raides (2). Il existe aussi plus ou moins développé chez le *Priodontes*. Par contre, il résulte de mes observations qu'il

(1) Ce résultat général est le même, que l'on mesure, comme je l'ai fait chez les *Tatusiidæ*, la longueur du bouclier céphalique du cap nasal au cap postérieur médian ou du cap nasal au milieu de la ligne joignant les deux caps nuchaux.

(2) Notons cependant que G. Grandidier et Neveu-Lemaire ont signalé chez leur *Chœtophractus boliviensis* un îlot de plaques sous-oculaires remplaçant la touffe de poils caractéristique du sous-genre *Chœtophractus*.

serait absent chez les *Cabassinæ* et les *Tolypeutidæ*. Chez les *Tatusiidæ*, le système de plaques qui existe sur les côtés de la face est beaucoup plus compliqué que dans les autres familles. Voici comment il se présente chez un grand exemplaire de *Tatu novemcinctum* L. (n° 1919-129 des *Collections d'Anatomie comparée*). De derrière l'oreille part une première série de plaques qui s'arrête à peu près au milieu de l'angle rétro-oculaire. De devant l'oreille part une seconde série de plaques qui, longeant d'abord le bord du bouclier céphalique, passe ensuite au-dessous de l'œil, finissant à peu près au niveau de l'angle préoculaire. Enfin un important ensemble de plaques situé encore au-dessus de la série précédente commence au niveau de la région postérieure de l'œil et, après l'avoir contourné par en dessous, va se confondre avec les plaques marginales antérieures du bouclier céphalique. Le *Scleropleura* ne présente rien de comparable.

En résumé, abstraction faite des proportions et de la valeur des angles par lesquelles il se rapproche surtout soit de celui des *Tatusiidæ*, soit de celui du *Priodontes*, c'est du bouclier céphalique du *Dasypus sexcinctus* L. que le bouclier céphalique du *Scleropleura* se rapproche le plus. C'est par le mode d'ordonnancement de ses éléments, par sa forme, par son îlot sous-oculaire, un bouclier céphalique de *Dasypus*, mais comme rétréci et présentant une solution médiane de continuité.

2. — Bouclier scapulaire.

La peau du *Scleropleura* a été sectionnée de telle sorte que les parties bordantes du bouclier scapulaire n'existent plus. Ce qui reste de ce dernier permet néanmoins de juger assez bien de sa forme.

Il existe deux types de bouclier scapulaire chez les Tatous : l'un, sensiblement aussi long sur le milieu que sur les côtés, à parties latérales peu développées, à échancrure céphalique étroite et peu profonde, à rangées de plaques parallèles, c'est le type réalisé chez le *Priodontes* ; l'autre, plus étroit sur le milieu que sur les côtés, à parties latérales très développées,

presque aliformes, encadrant la tête en arrière, à échancrure céphalique large et profonde, et dont les rangées des plaques moyennes sont bifurquées à droite et à gauche, disposition en rapport avec l'élargissement des parties latérales ; c'est le type du *Dasypus sexcinctus* L. par exemple. Chez les *Tatusiidæ*, toujours très particuliers, la profondeur de l'échancrure céphalique atteint son maximum sans que l'élargissement latéral soit notable, ni que, en raison de la disposition très particulière des plaques chez les Tatous de cette famille, on puisse parler de bifurcation de leurs séries. Entre les deux types précités, on observe à peu près tous les intermédiaires.

Au point de vue de la forme du bouclier scapulaire, le *Scleropleura* se rapproche nettement des *Dasypodidæ* et plus particulièrement du *Dasypus sexcinctus* L. Comme chez ce dernier, on constate la profondeur de l'échancrure céphalique, l'étroitesse de la partie moyenne comparée aux parties latérales et l'élargissement de ces dernières.

La disposition des plaques du bouclier scapulaire du *Scleropleura* est la suivante :

Par comparaison avec les autres Tatous, on peut d'abord considérer comme limitant en arrière le bouclier scapulaire la première rangée régulière de plaques bien alignées de droite à gauche que l'on rencontre ; en avant de cette rangée postérieure de plaques, et dans la région médiane du corps sont deux autres rangées. Sur les côtés, les plaques paraissent disposées en mosaïque ; mais on peut cependant y compter de chaque côté six rangées de plaques obliquant vers l'arrière, ce qui porterait à sept le nombre des rangées de plaques marginales du bouclier scapulaire du *Scleropleura*. C'est le chiffre que l'on rencontre le plus habituellement chez les *Dasypodidæ* (1). Les *Cabassidæ* (*Cabassus* et *Priodontes*) en ont généralement un peu plus (le plus souvent), et il en est de même des *Tolypeutidæ*. Ce nombre est beaucoup plus considérable encore chez les *Tatusiidæ*.

Le bouclier scapulaire du *Scleropleura* présente deux solutions de continuité, l'une antérieure médiane et l'autre, moins

(1) Voir R. Anthony, Les subdivisions du genre *Dasypus* (*Bull. Mus. Hist. nat.*, 1920, n° 4).

importante, intéressant à droite la rangée de plaques postérieure. Si l'on observe que la première de ces solutions de continuité ne permet que de supposer la façon dont les plaques se seraient comportées si elles eussent existé chez le *Scleropleura*, mais si l'on tient compte, d'autre part, de la très grande largeur que présente chez cet animal le bouclier scapulaire dans ses régions latérales, on en vient nécessairement à penser que, comme chez le *Dasypus sexcinctus* L., par exemple, le type est celui d'un bouclier scapulaire à rangées de plaques divisées latéralement, les plaques s'étant secondairement disposées de telle sorte que leur sériation origi-

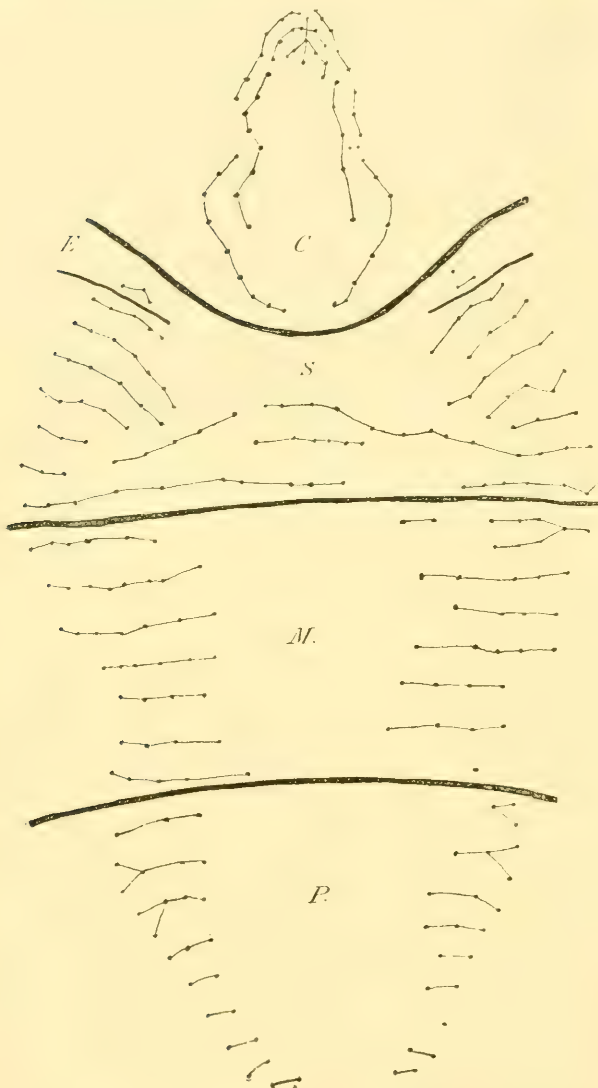


Fig. 7. — Schéma des régions de la carapace et de l'ordonnancement des plaques chez le *Scleropleura*. — C, région céphalique ; E, région des épaulettes ; S, région scapulaire ; M, région des bandes mobiles ; P, région pelvienne. Les gros traits noirs séparent les régions. — Les points marquent le centre des plaques.

nelle devient difficile à reconnaître. Les épaulettes, qui sont, comme je l'ai dit, des formations particulières aux *Dasypodidæ*, car ni les *Cabassidæ*, ni les *Tolypeutidæ*, ni les *Tatusiidæ* n'en possèdent, existent chez le *Scleropleura*. Elles sont doubles, comme le plus souvent chez les *Dasypodidæ*, c'est-à-dire constituées de deux rangées de plaques, la plus antérieure de ces rangées ne comprenant qu'une seule plaque. A droite, la rangée postérieure de l'épaulette compte deux plaques; à gauche, elle en compte trois.

La bande nuchale, constante et très caractéristique de forme et d'aspect chez les *Dasypodidæ*, n'existe pas chez le *Scleropleura*. La place qu'elle eût occupée, si elle eût été présente, est comprise dans la solution de continuité antérieure et médiane de la carapace.

En résumé, par la forme générale de son bouclier scapulaire, l'ordonnancement des plaques qui le constitue, le nombre de ses rangées marginales de plaques, c'est des *Dasypodidæ* et en particulier du *Dasypus sexcinctus* L. que le *Scleropleura* se rapproche le plus.

La présence et la forme des épaulettes conduit aux mêmes conclusions, que n'infirme pas l'absence d'une bande nuchale, puisque la carapace dorsale est précisément interrompue à l'endroit où elle devrait exister.

3. — Bandes mobiles.

Le nombre des bandes mobiles, très variable chez les Tatous, est éminemment caractéristique des familles et des genres.

Dasypodidæ ...... { *Dasypus* : 6 à 7.
Chœtophractus : 7 à 8.
Zaedyus : 6 à 7 (Voir fig. 1).

Cabassidæ ...... { *Cabassus* . / *Ziphila*. .. / *Priodontes*. } 12 à 13 ou même 14.

Chlamydophoridæ. { *Chalmydophorus* : 18 environ.
Burmeisteria : ? Les bandes du bouclier scapulaire semblent également indépendantes.

Tolypeutidæ ..... { *Tolypeutes* : 3.
Tolypoïdes : 2. }

Tatusiidæ....... { *Tatu* : 9.
Muletia : 5, 6 ou au plus 7. }

Ce qui caractérise d'une façon générale, chez les Tatous, les plaques dermiques des bandes mobiles, c'est d'être toujours bien alignées et d'avoir une forme toujours nettement quadrangulaire. Notons que généralement les plaques de la rangée postérieure du bouclier scapulaire et celles de la rangée antérieure du bouclier pelvien participent à la forme de celles des bandes mobiles. Le *Scleropleura* paraît présenter sept rangées de plaques répondant plus ou moins à ces caractères dans la région moyenne du corps. Toutes ces bandes sont interrompues dans la région dorsale par une large solution de continuité.

La première bande mobile présente chez le *Scleropleura* une intéressante particularité (Voir fig. 8 *Scl.*). Du côté droit, à partir d'une des premières plaques dont on ne peut exactement d'ailleurs indiquer le numéro d'ordre, le bord marginal de la carapace ayant été sectionné, cette bande se bifurque. Mais la bifurcation se présente de telle sorte que du côté gauche le nombre des bandes n'est pas augmenté.

La bifurcation des bandes mobiles est rare chez les Tatous.

Je ne l'ai jamais observé chez les *Dasypodidæ* (*Dasypus*, *Chœtophractus*, *Zaedyus*), ni chez les *Tolypeutidæ*, ni chez le *Chlamydophorus*, où pourtant le dédoublement des bandes est fréquent dans le bouclier scapulaire. Ce caractère est au contraire fréquent chez les *Cabassidæ* (*Cabassus* et *Priodontes*); chez le *Tatusiidæ*, je l'ai observé une fois.

Sur un exemplaire de *Cabassus* des Collections de Mammalogie catalogué sous le nom de *Cabassus unicinctus* L. (Voir fig. 8 *Cab.*), mais qui accuse en réalité un mélange des caractères du *Cabassus* et du *Ziphila*, les choses se présentent ainsi : du côté gauche, après la quatrième plaque, la première bande mobile se divise de telle sorte que l'on compte 11 bandes mobiles à gauche, mais 12 à droite, et, sur la ligne médiane. L'exemplaire de *Cabassus* (*Ziphila*) *lugubris* Gray, des Collections d'Anatomie comparée (nº 1886-468), ne présente par contre aucun dédoublement des bandes mobiles.

Chez le *Priodontes*, voici ce que j'ai observé chez quelques individus :

(Nos 1885-389. Collections d'Anatomie comparée.) 12 bandes mobiles. Aucune des bandes mobiles n'est dédoublée, mais la dernière rangée de plaques du bouclier scapulaire l'est des deux côtés de façon à peu près symétrique : dans la région

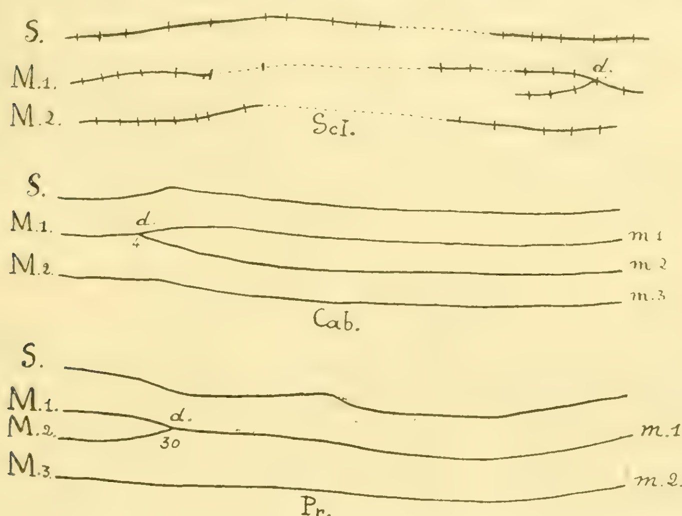


Fig. 8. — Dédoublement de la première bande mobile chez quelques Tatous (schéma).

médiane dorsale, on compte 13 plaques ; des deux plaques extrêmes de cette série partent à droite deux rangées de plaques, l'antérieure en comprenant 11 et la postérieure 10 ; à gauche existent deux rangées de plaques également, l'antérieure en comprenant 11 et la postérieure 12.

(Nos 1917-194. Collections d'Anatomie comparée.) 12 bandes mobiles (la première bande du bouclier pelvien tendant aussi à se mobiliser). Aucune de ces bandes mobiles n'est dédoublée, et il en est de même de la dernière rangée de plaques du bouclier scapulaire.

(Nos 1870-198. Collections d'Anatomie comparée.) 13 bandes mobiles (la première peu mobile dans les régions latéro-dorsales). Aucune de ces bandes mobiles n'est dédoublée, mais la dernière rangée du bouclier scapulaire l'est à droite. Le dédoublement commence après la vingt-cinquième plaque en

comptant à partir de la gauche. La branche de dédoublement antérieure compte 8 plaques, la postérieure 10.

(Exemplaire des Collections de Mammalogie.) 12 bandes mobiles (la dernière peu mobile faisant la transition avec les bandes du bouclier pelvien). La première de ces bandes mobiles est dédoublée à gauche. Le dédoublement commence après la trentième plaque en comptant à partir de la

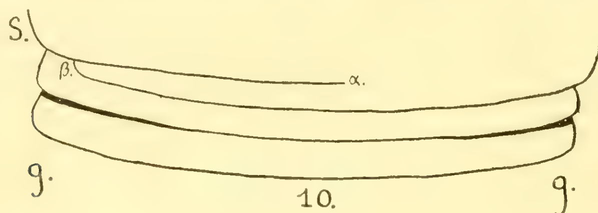


Fig. 9. — Anomalie de la région scapulaire et de la région des bandes mobiles de la carapace chez un *Tatu novemcinctum* L.

droite. La branche de dédoublement antérieure compte 8 plaques, la postérieurs 9 (Voir fig. 8, *Pr.*).

En résumé, les *Cabassidæ* (1), remarquables par l'alignement régulier dans le sens transversal des plaques de leur bouclier scapulaire, paraissent présenter dans ce bouclier des dédoublements fréquents de leurs bandes transversales qui vont assez souvent jusqu'à intéresser la première bande mobile. C'est aussi ce qu'on observe chez le *Scleropleura*.

Enfin, je note pour mémoire que j'ai constaté une fois sur un exemplaire de *Tatu novemcinctum* L. (Nº 1880-1934 des Collections d'Anatomie comparée) (Voir fig. 9) un dédoublement ou plutôt une apparence de dédoublement de la première bande mobile. Il s'agit ici d'une très rare anomalie. La dernière bande du bouclier scapulaire n'est indépendante de la bande suivante que jusqu'en un point (α) situé après la trente-quatrième de ces plaques en comptant à partir de la gauche, un peu après la ligne médiane. Au delà de ce point, les plaques de cette dernière bande scapulaire perdent leur allongement antéro-postérieur particulier. La bande suivante figure une dernière bande scapulaire à droite et une première bande

(1) Je comprends dans les *Cabassidæ* le genre *Cabassus*, son sous-genre *Ziphila*, et le genre *Priodontes* (Voir *Catalogue*, fasc. XI, sous fascicule I).

mobile à gauche. Elle comporte 55 plaques, mais s'arrête à gauche au point β, c'est-à-dire à peu près au niveau de la troisième plaque de la bande suivante qui en compte 58. Il s'ensuit que, sur la ligne médiane, on compte 10 bandes mobiles et 9 seulement aussi bien à droite qu'à gauche (Voy. fig. 9). De ceci il résulte que nous ne sommes pas ici en présence d'un dédoublement de bande en tout comparable au moins à ceux des *Cabassidæ* et du *Scleropleura*.

En résumé, par le nombre de ses bandes mobiles, le *Scleropleura* se rattache aux *Dasypodidæ*, mais il présente une anomalie (dédoublement de la première bande mobile) qu'on ne rencontre guère, au moins semble-t-il, que chez les *Cabassidæ*.

4. — Bouclier pelvien.

En raison tout à la fois de sa large solution de continuité médiane et du fait que probablement la peau a été tranchée de façon à en éliminer une partie notable, le bouclier pelvien du *Scleropleura* est difficile à étudier.

On peut lui compter cependant 10 à 11 rangées de plaques, chiffre que l'on rencontre aussi chez les *Dasypodidæ*.

Les chiffres que j'ai recueillis chez les autres Tatous sont les suivants :

Priodontes	15 à 16
Cabassus	9 à 10
Tolypeutes	12 à 14

Chez les *Tatusiidæ*, le nombre des rangées est beaucoup plus considérable, et ces rangées sont difficiles à compter dans la région postérieure du bouclier pelvien. Aussi bien à droite qu'à gauche, on observe le dédoublement de certaines rangées, fait que je n'ai observé ni chez les *Dasypodidæ*, ni chez les *Cabassinæ*, ni chez les *Tolypeutidæ*. Quoi qu'il en soit, c'est des *Dasypodidæ* que le *Scleropleura* se rapprocherait le plus sous le rapport de son bouclier pelvien.

Cependant, le bouclier pelvien du *Scleropleura* se différencie à un certain égard de celui des *Dasypodidæ* et, en particulier, de celui du *Dasypus*.

Chez le *Dasypus sexcinctus* L., où l'on compte généralement 10 rangées de plaques au bouclier pelvien, celles de la ligne médiane des quatrième, cinquième et parfois troisième et sixième rangées présentent chacune un grand orifice qui est celui des glandes dorsales. Chez le *Chætophractus villosus* Desm., les orifices des glandes dorsales sont le plus souvent situés sur les plaques axiales des rangées 3, 4, 5, 6 ; mais notons que ces orifices peuvent être absents. Ils le sont généralement chez le *Zaedyus ciliatus* Fischer.

Je n'ai constaté de semblable disposition ni chez le *Cabassus*, ni chez le *Priodontes*, ni chez le *Tolypeutes*, ni chez le *Tatu*.

Il semblerait, *a priori*, que ces glandes dorsales doivent être regardées comme comparables à quelques égards, quant à leur signification, à la glande uropygienne des Oiseaux. Elles indiqueraient une sorte de concentration, si l'on peut dire, des glandes cutanées à la région postérieure du corps.

L'absence macroscopique du moins (car on ne pouvait songer à faire un examen histologique des téguments de la région médiane du corps sur un spécimen unique) de ces glandes chez le *Scleropleura* l'éloigne du *Dasypus sexcinctus* L., où elles sont constantes. Mais il convient de remarquer qu'elles sont souvent absentes chez le *Chœtophractus* et presque toujours chez le *Zaedyus*. L'absence de squelette dermique dans la région médio-dorsale du corps chez le *Scleropleura* pourrait d'ailleurs contribuer à expliquer cette absence des glandes dorsales.

5. — Étui caudal.

L'étui caudal du *Scleropleura* est incomplet, en ce sens qu'il est dépourvu de plaques en sa région dorsale, en possédant seulement latéralement et peut-être en dessous, ce que l'on ne peut savoir de façon exacte. Les plaques sont localisées dans la partie terminale de la queue, où elles paraissent disposées en quinconces. La queue du *Scleropleura* était certainement arrondie, et par ce caractère le *Scleropleura* ressemble à tous les autres Tatous, s'écartant seulement des *Chlamydophoridæ*,

dont la queue est spatulée et plus large à son extrémité, des *Tolypeutidæ*, dont la queue, très courte, est aplatie et large à sa racine et, enfin du *Praopus* (sous-genre du genre *Tatu*), qui se différencie du *Tatu* et du *Muletia*, notamment en ce que sa queue est aplatie à sa racine.

Les seuls Tatous qui possèdent un étui caudal incomplet sont les *Cabassus* (*Cabassus* proprement dit et *Ziphila*), et les plaques qui subsistent encore paraissent à peu près disposées chez eux comme chez le *Scleropleura*. Ce fait est intéressant à noter. Mais il est, d'autre part, impossible de tirer de la disposition des plaques en quinconce la moindre conclusion quant aux affinités. Chez tous les Tatous, en effet, quel qu'en soit le groupe, les plaques de la région postérieure de la queue, c'est-à-dire de son extrémité, sont disposées en quinconces, et ce n'est qu'à la racine qu'on les voit disposées en anneaux; cette disposition des plaques en anneaux à la racine de la queue est d'ailleurs également générale; on l'observe même chez le *Priodontes*. L'absence de plaques sur la presque totalité de la queue du *Scleropleura* se rattache évidemment à leur absence générale dans la région dorsale du corps.

6. — Proportions des segments de la carapace.

Ayant délimité les différents segments de la carapace du *Scleropleura*, nous pouvons en calculer maintenant les dimensions relatives et comparer à ce point de vue le *Scleropleura* aux autres Tatous.

Dimensions des segments de la carapace chez le « Scleropleura »
(sur la ligne médiane du corps).

Longueur totale de la peau		435 millimètres.
— du bouclier céphalique		80 —
— — scapulaire	36	Total du corps (long. c.) = 183 millimètres.
— de l'ensemble des bandes mobiles.	73	
— du bouclier pelvien	74	
— de la queue		146 millimètres.

Rapport de la longueur du bouclier céphalique à la longueur totale du corps (bouclier dorsal).

Sériation suivant la valeur croissante de l'indice $\frac{\text{Long. céph.} \times 100}{\text{Long. C.}}$.

Cabassus unicinctus L. (1) (1901-1086, Mammalogie) (2).	19,6
Priodontes giganteus Ét. Geoffr. (A. 11877)	21
Zaedyus ciliatus Fisch. (A. 13804)	21,7
Z. cil. (1897-445)	23,4
Pr. gig. (1870-198)	24,4
Z. cil. (1897-471)	24,5
Ziphila lugubris Gray (1886-468)	24,5
Z. cil. (1897-466)	24,6
Z. cil. (1883-892)	24,6
Z. cil. (1897-467)	24,6
Z. cil. (1897-461)	24,8
Z. cil. (1897-463)	24,9
Pr. gig. (1901-1035, Mammalogie)	25,1
Z. cil. (1897-446)	25,2
Z. cil. (1897-469)	25,3
Z. cil. (1897-468)	25,4
Z. cil. (1897-442)	25,6
Tatu novemcinctum L. (3 oct. 1908, Mammalogie)	25,9
Z. cil. (1897-454)	26
Z. cil. (1897-450)	26
Z. cil. (1897-470)	26
Z. cil. (1897-455)	26,1
Z. cil. (1883-358, Mammalogie)	26,2
Z. cil. (1897-472)	26,3
Z. cil. (1897-464)	26,6
T. nov. (1901-235)	26,7
Z. cil. (1897-456)	26,8
Z. cil. (1897-460)	27,1
Muletia hybrida Desm. (1909-342, Mammalogie)	27,2
Z. cil. (1897-458)	27,4
M. hybr. (1902-362, I.)	27,7
Tolypeutes conurus Is. Geoffr. (E. 92, Mammalogie)	27,8
Z. cil. (1897-543)	27,8
Z. cil. (1897-473)	28
T. nov. (1917-129)	28,3
T. nov. (1910-241, Mammalogie)	28,5
Z. cil. (1897-457)	28,8
Z. cil. (1897-452)	28,9
Chœtophractus villosus Desm. (1908-228, Mammalogie)	30
Chœt. vill. (1917-207)	30
Z. cil. (1897-449)	30
Chœt. vill. (1880-1008)	30,4
T. nov. (1913-52)	30,5
Chœt. vill. (1918-45)	30,6
Tolypeutes tricinctus L. (E. 93, Mammalogie)	30,9
Chœt. vill. (A. 10954)	31
Z. cil. (1897-474)	31,2
T. nov. (1901-241)	31,2
T. nov. (1901-1088, Mammalogie)	31,4
T. nov. (1901-242 Mammalogie)	31,4
Chœt. vill. (A. 3328)	31,4
Chœt. vill. (1907-821, Mammalogie	31,5
T. nov. (1909-106, Mammalogie).	33,3
Chœt. vill.	33,4
Chœt. vill. (1917-13, Mammalogie)	33,9
Chœt. vill. (1917-232)	34,6
T. nov. (1911-736, Mammalogie)	35,1
T. nov. (1900-615)	35,1
T. nov. (1902-614)	35,4
Dasypus sexcinctus L. (1910-243, Mammalogie)	35,9

(1) Aussi bien chez le *Cabassus* que chez le *Priodontes*, la bande nuchale encore reliée au bouclier scapulaire est comptée dans toutes les mesures où entre ce dernier ; elle n'y est point comptée, au contraire, chez les *Dasypodidæ*, où elle est indépendante.

(2) Tous les spécimens dont le numéro n'est pas accompagné du mot Mammalogie font partie des Collections d'Anatomie comparée.

D. sex. (1886-137)	36,8
D. sex. (1892-2392, Mammalogie)	37,1
D. sex. (1886-125)	37,4
T. nov. (1868-1362, Mammalogie)	37,5
Chœt. vill. (1898-1594, Mammalogie) (1)	38,8
T. nov. (20 févr. 1913, Mammalogie)	38,8
D. sex. (1880-1005)	40,9
T. nov. (1901-403)	41,2
Mul. hybr. (1902-362-2)	41,9
T. nov. (1901-401)	43
Scleropleura	43,7
T. nov. (1880-1934, jeune)	52,5
T. nov. (1883-82)	56,6

Moyenne et mode de l'indice.

	Moyenne.	Mode.
Pr. gig. (3)	23,5	»
Z. cil. (38)	26,2	26 environ.
Chœt. vill. (11)	32,3	31 —
D. sex. (5)	37,6	»
T. nov. (18)	37,9	31 environ.

Il résulte de ces chiffres que, au point de vue du rapport de la longueur du bouclier céphalique à la longueur du corps (bouclier dorsal), c'est du *Dasypus sexcinctus* L. et des *Tatusiidæ* que le *Scleropleura* (43,7) se rapproche le plus.

Rapport de la longueur du bouclier scapulaire à la longueur totale du corps (bouclier dorsal).

Sériation suivant la valeur croissante de l'indice $= \frac{\text{Long. scap.} \times 100}{\text{Long. C.}}$.

Dasypus sexcinctus L. (1892-2392, Mammalogie)	14,1
Chœtophractus villosus Desm. (1880-1008)	16,7
Das. sex. (1880-1005)	16,9
Das. sex. (1910-243, Mammalogie)	17,9
D. sex. (1886-125)	18,3
Chœt. vill. (1907-821, Mammalogie)	18,4
D. sex. (1886-137)	18,7
Chœt. vill. (A. 10954)	18,9
Chœt. vill. (1908-228, Mammalogie)	19,5
Chœt. vill. (A. 3328)	19,6
Scleropleura	19,6
Chœt. vill. ...	19,8
Chœt. vill. (1907-207)	20
Zaedyus ciliatus Fisch. (A. 13804)	20,4
Z. cil. (1897-442)	20,5
Tolypeutes tricinctus L. (A. 11597)	20,8
Chœt. vill. (1918-45)	20,9
Chœt. vill. (1917-232)	20,9
Chœt. vill. (1880-1004)	21,3
Z. cil. (1883-358, Mammalogie)	21,3
Z. cil. (1883-392)	21,7
Z. cil. (1897-446)	22,1
T. nov. (1880-1006)	22,3
Pr. gig. (1901-1085, Mammalogie)	22,3
Pr. gig. (1870-198)	22,5
Pr. gig. (A. 11677)	22,7
Chœt. vill. (1898-1594, Mammalogie)	22,7
T. nov. (3 oct. 1908, Mammalogie)	22,8
Z. cil. (1897-463)	23
Chœt. vill. (1917-13, Mammalogie)	23,2
Z. cil. (1897-450)	23,5
Z. cil. (1897-454)	23,5
Z. cil. (1897-461)	23,5
Pr. gig. (1885-389, jeune)	23,8
Z. cil. (1897-445)	23,8

Cabassus unicinctus L. (1901-1086, Mammalogie)........	23,9
Z. cil. (1897-468)	24,1
Z. cil. (1897-457)	24,2
Z. cil. (1897-456)	24,2
Z. cil. (1897-469)	24,4
Z. cil. (1897-467)	24,6
Z. cil. (1897-452)	24,7
Z. cil. (1897-447)	24,7
T. nov. (1902-416)	24,8
T. nov. (1910-241, Mammalogie)....................	24,9
Z. cil. (1897-472)	25
Z. cil. (1897-470)	25
T. nov. (1880-1007)	25,1
Z. cil. (1897-466)	25,1
T. nov. (1901-241)	25,2
T. nov. (1900-615)	25,2
Z. cil. (1897-473)	25,3
Z. cil. (1897-471)	25,4
Tol. tric. (A. 14198)........	25,4
T. nov. (1901-1088, Mammalogie)	25,4
T. nov. (1917-129)	25,4
T. nov. (355, Mammalogie)..	25,5
Z. cil. (1897-449)	25,6
Z. cil. (1897-460)	25,6
Z. cil. (1897-455)	25,7
Z. cil. (1897-458............	25,8
T. nov. (1901-235)	25,8
Ziphila lugubris Gray (1886-468)...................	25,8
T. (*Praopus Kappleri* Kr.) (1088, Mammalogie).......	25,9
Z. cil. (1897-464)	26,6
T. nov. (1909-106, Mammalogie).....................	26,6
Z. cil. (1897-453)	26,6
T. nov. (1913-352)	26,6
Tolypeutes conurus Is. Geoffr. (E. 92, Mammalogie)......	26,7
T. nov. (1901-403, jeune)....	26,8
T. nov. (1868-1362, Mammalogie)	27,7
T. nov. (1911-776, Mammalogie)	27,8
T. nov. (1883-82)	28,3
Z. min. (1897-474)	28,7
T. nov. (Rivet, Mammalogie).	28,3
T. nov. (1880-1934, jeune)...	29,1
T. nov. (1901-401)	30,2
T. nov. (1910-242, Mammalogie)	30,8
Tol. tric. (E-93, Mammalogie).	32,2
Muletia hybrida Desm. (1909-342, Mammalogie)	33
Mul. hybr. (1902-362-1)......	34,5
Mul. hybr. (1902-362-2)	37

Moyenne et mode de l'indice.

	Moyenne.	Mode.
D. sex. (5)	17,3	18
Chœt. vill. (12)	20,1	20
Pr. gig. (4)	22,8	22
Z. cil. (29)	24,2	25
T. nov. (22)	26,4	25

Il résulte de ces chiffres que, au point de vue du rapport de la longueur du bouclier scapulaire à la longueur du corps tout entier (bouclier dorsal), c'est du *Dasypus* et du *Chœtophractus* que le *Scleropleura* (19,6) se rapproche le plus.

Rapport de la longueur de l'ensemble des bandes mobiles à la longueur totale du corps (bouclier dorsal).

$$\text{Indice} = \frac{\text{Long. b. mob.} \times 100}{\text{Long. C.}}.$$

Tolypeutes conurus Is. Geof. (E 92, Mammalogie)......	12,7
Tolypeutes tricinctus — (E. 93, Mammalogie).........	14,6

Tolyp. tric. (A. 14198)	19,6
Tatu novemcinctum L. (1883-82)	25
T. nov. (1910-242, Mammalogie)	25,5
T. nov. (1901-401)	25,5
Tolyp. tric. (A. 11597)	26,3
Muletia hybrida Desm. (1902-362-1)	27,6
Priodontes giganteus L. (A. 11677)	27,6
Mul. hybr. (1902-362-2)	27,7
Pr. gig. (1870-198)	28,6
T. nov. (1901-1088, Mammalogie)	30
T. nov. (1868-1362, Mammalogie)	30,3
Chætophractus villosus Desm. (1898-1594, Mammalogie)	30,9
T. nov. (1909-106, Mammalogie)	30,9
T. nov. (1913-352)	30,9
Zaedyus minutus Desm. (1897-464)	31
Z. cil. (1897-474)	31,2
Pr. gig. (1901-1085, Mammalogie)	31,5
Mul. hybr. (1909-342, Mamlogie)	31,9
T. nov. (1880-1934, jeune)	32,1
Ziphila lugubris Gray (1886-468)	32,2
Z. cil. (1897-470)	33
T. nov. (1880-1006)	33
Z. cil. (1897-453)	33,3
Z. cil. (1897-455)	33,4
T. nov. (3088, Mammalogie)	33,4
Pr. gig. (1885-389, jeune)	33,9
T. nov. (1901-403, jeune)	34,3
Z. cil. (1897-472)	34,5
Z. cil. (1897-452)	34,7
T. nov. (1917-129)	35,1
T. nov. (1900-615)	35,1
Z. cil. (1897-460)	35,3
T. nov. (1911-776, Mammalogie)	35,4
T. nov. (1902-614)	35,4
T. nov. (1901-235)	35,6
Chœt. vill. (1917-13 Mammalogie)	35,7
T. nov. (1910-241, Mammalogie)	36
T. nov. (1901-241)	36,2
Z. cil. (1897-466)	36,2
Z. cil. (1897-449)	36,2
Z. cil. (1897-456)	36,3
D. sex. (1880-1005)	36,6
T. nov. (3 oct. 1908, Mamlogie)	36,8
T. nov. (Rivet, Mammalogie)	36,8
Z. cil. (1897-445)	36,9
Z. cil. (1897-467)	36,9
Cab. unic. (1901-1086, Mammalogie)	37
Z. cil. (1897-450)	37
Z. cil. (1897-447)	37
Z. cil. (1897-457)	37,2
Chœt. vill. (1908-228, Mammalogie)	37,3
Chœt. vill. (1917-232)	37,5
Z. cil. (1897-463)	37,5
Z. cil. (1897-473)	37,5
Z. cil. (1897-461)	37,9
D. sex. (1886-137)	37,9
Z. cil. (1897-468)	38,1
Chœt. vill.	38,1
D. sex. (1910-243, Mammalogie)	38,3
T. nov. (20 févr. 1913, Mammalogie)	38,3
Chœt. vill. (1880-1004)	38,6
Chœt. vill. (A. 3328)	39,2
D. sex. (1886-125)	39,2
Z. cil. (1897-469)	39,6
SLECROPLEURA	39,8
Z. cil. (1897-442)	40
Z. cil. (1897-454)	40
Z. cil. (1897-446)	40
D. sex (1892-2392, Mammalogie)	40,6
Chœt. vill. (1917-207)	41,3
T. nov. (1880-1006)	41,6
Z. cil. (1897-458)	41,9
Chœt. vill. (1880-1008)	41,9
Z. cil. (1897-471)	42,3
Chœt. vill. (A. 10954)	42,4
Chœt. vill. (1907-821, Mammalogie)	43,4
Z. cil. (1883-358, Mammalogie)	43,6
Chœt. vill. (1918-45)	45
Z. cil. (1883-892)	46,8
Z. cil. (A. 13804)	46,9

Moyenne et mode de l'indice.

	Moyenne.	Mode.		Moyenne.	Mode.
Pr. gig. (4)	30,4	»	*Chœt. vill.* (19)	38,4	38
T. nov. (22)	33,3	35	*D. sex.* (4)	38,5	»
Z. cil. (29)	37,6	37			

Il résulte de ces chiffres qu'au point de vue du rapport de la longueur de l'ensemble des bandes mobiles à la longueur du corps tout entier (bouclier dorsal), c'est des *Dasypodidæ* et plus particulièrement du *Dasypus* que le *Scleropleura* (39,8) se rapproche le plus.

Rapport de la longueur du bouclier pelvien à la longueur totale du corps (bouclier dorsal).

$$\text{Indice} = \frac{\text{Long. pelv.} \times 100}{\text{Long. C.}}$$

Zaedyus minutus Desm. (1883-392)	31
Z. cil. (A. 13804)	32,6
Z. cil. (1897-442)	33,3
Z. cil. (1883-358, Mammalogie)	34
Tatu novemcinctum L. (Rivet, Mammalogie)	34,3
Z. cil. (1897-469)	34,6
Muletia hybrida Desm. (1909-342, Mammalogie)	34,7
Z. cil. (1897-454)	35
Z. cil. (1897-446)	35,6
Chœtophractus villosus Desm. (1918-45)	35,9
Z. cil. (1897-445)	36
T. nov. (20 févr. 1913, Mammalogie)	36,1
T. nov. (1880-1006)	36,3
Z. cil. (1897-456)	36,8
Z. cil. (1897-449)	36,8
Z. cil. (1897-463)	36,8
Mul. hybr. (1902-362-2)	37
Chœt. vill. (1917-207)	37
Z. cil. (1897-473)	37
Z. cil. (1897-461)	37,1
Z. cil. (1897-468)	37-2
Z. cil. (1897-460)	37,4
Z. cil. (1897-467)	37,4
Mul. hybr. (1902-362-1)	37,6
Cabassus unicinctus L. (1901-1086, Mammalogie)	37,7
T. nov. (1917-129)	37,8
Z. cil. (1897-457)	37,8
Z. cil. (1897-471)	37,9
Chœt. vill. (A. 10954)	37,9
Z. cil. (1897-472)	38
T. nov. (1901-241)	38,1
Chœt. vill. (1880-1004)	38,3
Chœt. vill. (1907-821, Mammalogie)	38,4
T. nov. (1901-403, jeune)	38,7
Z. cil. (1897-458)	38,7
Z. cil. (1897-453)	38,8
T. nov. (1900-615)	38,8
Ziphila lugubris Gray (1886-468)	38,9
T. nov. (1901-235)	39,2
T. nov. (1902-614)	39,4
Z. cil. (1897-466)	39,5
T. nov. (1911-776, Mammalogie)	39,6
T. nov. (3 oct. 1908, Mammalogie)	39,7
Chœt. vill. (A. 3328)	40
Z. cil. (1897-452)	40
T. (*Praopus*) *Kappleri* Kr. (1088, Mammalogie)	40
Z. cil. (1897-464)	40,2
Z. cil. (1897-455)	40,4
SCLEROPLEURA	40,4
T. nov. (1910-241, Mammalogie)	40,5
Z. cil. (1897-470)	40,5
Chœt. vill. (1908-228, Mammalogie)	40,5
Z. cil. (1897-474)	40,6

D. sex (1910-243, Mammalogie).	40,6
Chœt. vill (1917-207)	40,6
T. nov. (1880-1006)	40,8
Chœt. vill. (1898-1594, Mammalogie)	40,9
T. nov. (1913-352)	41,1
Priodontes giganteus Ét. Geof. (1885-389, jeune)	41,2
T. nov. (1909-1006, Mammalogie)	41,4
Z. cil. (1897-447)	41,5
T. nov. (1868-1362, Mammalogie)	41,9
T. nov. (1880-1934, jeune)	42,3
Chœt. vill. (1917-232)	42,3
Dasypus sexcinctus L. (1886-125)	42,4
Chœt. vill	42,4
T. nov. (1910-242, Mammalogie).	42,8
Chœt. vill. (1917-13, Mammalogie)	42,8
D. sex. (1886-137)	43,2
Z. cil. (1897-450)	43,5
T. nov. (1901-401)	44,1
T. nov. (1901-1088, Mammalogie)	44,2
Chœt. vill. (1880-1008)	44,4
D. sex (1892-2392, Mammalogie)	44,5
D. sex. (1880-1005)	45,1
T. nov. (1883-82)	45,8
Pr. gig. (1901-1085, Mammalogie)	46,7
Toypeutes tricinctus L. (A. 11597)	48,6
Pr. gig. (1870-198)	49,1
Pr. gig. (A. 11677)	50
Tolyp. tric. (E. 93, Mammalogie)	52,7
Tolyp. tric. (A. 14198)	56
Tolypeutes conurus Is. Geoff. (E. 92, Mammalogie)	60,9

Moyenne et mode de l'indice.

	Moyenne.	Mode.
Z. cil. (30)	37,4	37
T. nov. (22)	39,6	40
Chœt. vill. (13)	40	40
D. sex. (5)	43	»
Pr. gig. (4)	46,7	»

Il résulte de ces chiffres qu'au point de vue du rapport de la longueur du bouclier pelvien à la longueur du corps tout entier (bouclier dorsal) c'est des *Dasypodidæ* et en particulier du *Dasypus* que le *Scleropleura* se rapproche le plus.

Rapport de la longueur de la queue à la longueur du corps (bouclier dorsal)

$$\text{Indice} = \frac{\text{Long. Q.} \times 100}{\text{Long. c.}}$$

Tolypeutes tricinctus L. (E. 93, Mammalogie)	16,7
Tolypeutes conurus Is. Geoff. (E. 92, Mammalogie)	25,8
Chœtophractus villosus Desm. (A. 3328)	38,5
Zaedyus minutus Desm. (1897-442)	39,4
Chœt. vill. (1880-1004)	41,3
Z. cil. (1897-466)	41,8
Z. cil. (1883-358, Mammalogie).	42,7
Z. cil. (1897-445)	42,7
Chœt. vill. (1917-13, Mammalogie)	42,8
Z. cil. (1897-468)	42,9
Z. cil. (1897-463)	42,9
Z. cil. (1897-456)	43,1
Z. cil. (1897-446)	43,4
Z. cil. (1897-460)	44,1
Z. cil. (1897-467)	44,3
Z. cil. (1897-469)	44,4
Z. cil. (1897-473)	46
Z. cil. (1897-455)	46,6
Chœt. vill. (1908-228, Mammalogie)	47,1
Z. cil. (1897-454)	47,5
Z. cil. (1897-449)	47,5
Chœt. vill. (1918-45)	47,9

Z. cil. (1883-892)	48
Chœt. vill. (1907-821, Mammalogie)	48,1
Z. cil. (1897-472)	49
Chœt. vill	49
Chœt. vill (1898-1594, Mammalogie)	50
Chœt. vill (1880-1008)	50,6
Z. cil. (1897-450)	51
Chœt. vill. (1917-232)	52,4
Z. cil. (1897-452)	52,6
Z. cil. (1897-474)	56,2
Dasypus sexcinctus L. (1880-1005)	56,3
Cabassus unicinctus L. (1901-1086, Mammalogie)	57,3
D. sex. (1892-2392, Mammalogie)	62,4
D. sex. (1886-137)	63,8
D. sex. (1910-243, Mammalogie)	64,4
Pr. gig. (1901-1085, Mammalogie)	67,1
D. sex. (1886-125)	70,6
Muletia hybrida Desm. (1902-362-1)	71,8
Pr. gig. (1885-389 jeune)	72,1
SCLEROPLEURA	79,7
Mul. hybr. (1902-362-2)	80
Tatu novemcinctum L. (1901-241)	92,7
T. nov. (1901-1088, Mammalogie)	94,5
T. nov. (Rivet, Mammalogie)	100
T. nov. (1868-1362, Mammalogie)	101
T. nov. (1901-235)	102,2
T. nov. (1901-403, jeune)	102,5
T. nov. (1917-129)	102,7
T. nov. (1911-776, Mammalogie)	111,1
T. nov. (1910-242, Mammalogie)	111,4
T. nov. (1913-352)	119
T. nov. (1901-401)	125
T. nov. (1900-615)	127,2
T. nov. (1902-614)	128,6
T. nov. (1880-1934, jeune)	135
T. nov. (1883-82)	158,3

Moyenne et mode de l'indice.

	Moyenne.	Mode.
Chœt. vill. (0)	46,7	»
Z. cil. (20)	45,7	43
D. sex. (5)	63,5	»
T. nov. (15)	116	»

Il résulte de ces chiffres qu'au point de vue du rapport de la longueur de la queue à la longueur du corps (bouclier dorsal), c'est du *Dasypus sexcinctus* L. que le *Scleropleura* (79,7) se rapproche le plus ; il possède même une queue proportionnellement plus longue que le Tatou à six bandes.

Par l'ensemble des proportions des segments de son corps, le *Scleropleura* rentre en somme dans le groupe des *Dasypodidæ* se rapprochant particulièrement du *Dasypus*.

II. — Les solutions de continuité de la carapace.

Les solutions de continuité de la carapace qui existent chez le *Scleropleura* intéressent d'une façon générale la région médiane dorsale du corps, sauf l'extrémité antérieure du bouclier céphalique et la partie postérieure du bouclier scapulaire. Elles sont surtout importantes dans les bandes mobiles,

les segments pelvien et caudal s'étendant même dans ce dernier jusqu'aux parties latérales, qu'elles intéressent d'ailleurs aussi dans la région des bandes mobiles (Voir fig. 10).

Une étude comparée de la carapace des différents Tatous m'a amené à me rendre compte de ce que ce caractère si particulier du *Scleropleura* n'est, en quelque sorte, qu'une exagération de ce que l'on observe partout ailleurs chez les Tatous, où la carapace est toujours moins développée dans la région médiane du corps (Voir fig. 11).

A ce propos, une question se pose : s'agit-il, dans le cas du *Scleropleura,* d'une tendance progressive à la disparition des plaques osseuses dans la région médiane du corps, c'est-à-dire d'une évolution régressive de la carapace, ou au contraire d'un processus de développement progressif de la carapace, qui se montre plus avancé dans les régions latérales que dans la région médiane dorsale du corps. J'inclinerai à adopter la première hypothèse, d'abord

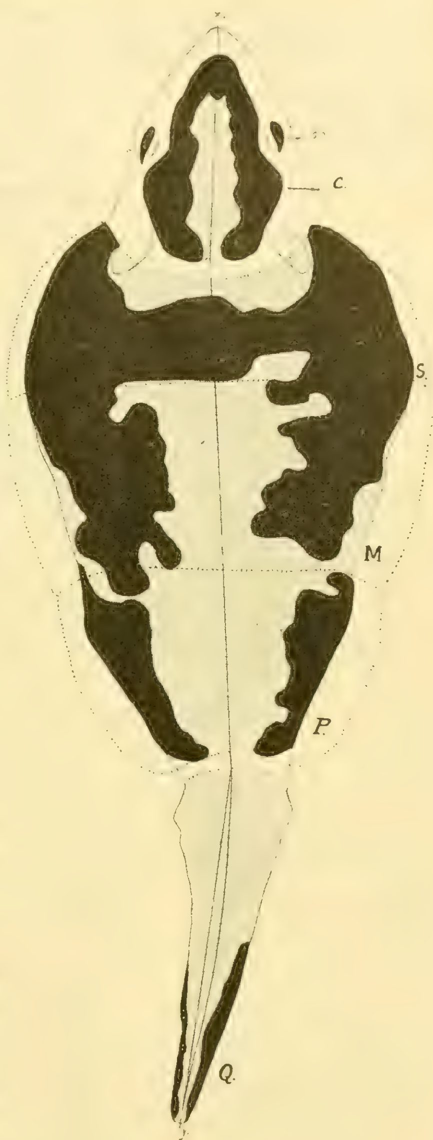


Fig. 10. — Schéma de la peau du *Scleropleura*, indiquant les régions céphaliques (C.), scapulaire (S.), des bandes mobiles (M.), pelvienne (P.), caudale (Q.), et les îlots de plaques sous-oculaires (*so*). — *xu.* axe longitudinal médian. La ligne pointillée, marginale indique les limites probables de la carapace. Les parties couvertes de plaques sont indiquées en noir ; celles où les plaques sont absentes sont indiquées en grisé.

pour cette raison que nous savons que c'est ainsi que les choses se passent chez les *Aniconodonta* (Paresseux et Fourmiliers). Le *Mylodon*, grand Paresseux quaternaire, possédait dans la peau des osselets dermiques dont les Paresseux

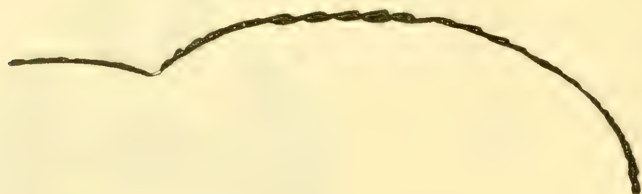


Fig. 11. — Coupe longitudinale médiane de la carapace chez le *Zaedyus ciliatus* Fischer pour montrer son amincissement dans la région pelvienne.

actuels n'ont plus de traces, mais que rappelleraient peut-être les écailles pigmentaires de la queue des *Tamandua* ; ces écailles seraient les vestiges de celles qui, chez des types antérieurs, recouvraient des plaques osseuses dermiques actuellement disparues. Ensuite, pour un ensemble de motifs qui ressortent des recherches que je vais exposer. Quoi qu'il en soit, en l'absence de documents paléontologiques suffisants, la question ne paraît pas pouvoir être résolue directement et avec une complète certitude.

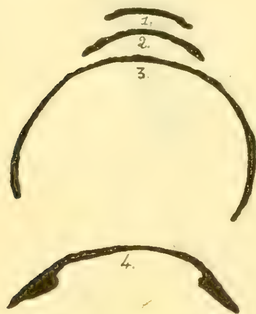


Fig. 12. — Coupes transversales de la carapace (en suivant l'alignement bilatérale des plaques) chez le *Zaedyus ciliatus* Fischer. — 1, au niveau du bouclier céphalique; 2, au niveau du bouclier scapulaire ; 3, au niveau des bandes mobiles; 4, au niveau du bouclier pelvien.

Si l'on scie longitudinalement une carapace de *Zaedyus* (Voir fig. 11), on voit très nettement que c'est au niveau du bouclier pelvien que la carapace est le plus mince. Elle est mince aussi au niveau du bouclier céphalique, mince également au niveau de la partie dorsale de l'étui caudal, mais plus épaisse au niveau des bandes mobiles et au niveau du bouclier scapulaire ; c'est cette dernière partie qui se montre seule garnie de plaques sur la ligne sagittale chez le *Scleropleura*.

Si l'on fait, à différents niveaux, des sections transversales

d'une carapace de *Zaedyus*, on observe également que, dans les différentes régions, la carapace est moins épaisse au voisinage de la ligne médiane dorsale qu'au voisinage des bords latéraux (Voir fig. 12).

Le *Burmeisteria retusa* Burm. est un Chlamydophore qui présente, entre autres particularités, celle d'avoir une carapace incomplète. C'est un des principaux caractères qui le sépare du *Chlamydophorus truncatus* Harlan. Si l'on se reporte à la figure de l'auteur qui l'a décrit, il est aisé de se rendre compte de ce que, dans la région dorsale (segments scapulaire et des bandes mobiles), les files transversales de plaques sont distantes ; mais c'est ce que l'on observe aussi chez le *Chlamydophorus truncatus* Harlan. De plus, et ceci est le point le plus intéressant, le bouclier pelvien du *Burmeisteria* présente une solution de continuité dans sa portion moyenne qui peut-être n'intéresse d'ailleurs que les écailles (Voir fig. 13). C'est exactement le lieu où se trouve l'une des plus importantes solutions de continuité de la carapace du *Scleropleura*.

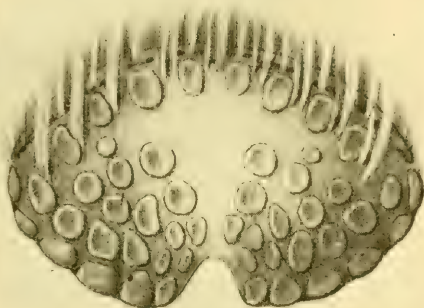


Fig. 13. — Bouclier pelvien de *Burmeisteria retusa*. Burm. (Agrandissement d'une figure de Burmeister, *Abh. Naturf. Ges. Halle*, 1863).

Le *Priodontes giganteus* Ét. Geoffr. présente la particularité, surtout visible lorsque l'animal est jeune, d'avoir entre les plaques dermiques de la carapace pelvienne (région médiane), et surtout suivant leurs lignes de contact transversales, de larges solutions de continuité qui tendent à se combler avec l'âge (Voir fig. 14). Lahille qui a le premier signalé cette disposition ne paraît pas avoir exactement compris sa signification véritable, bien que cependant il la compare à ce qu'on observe chez le *Scleropleura* (1). Il a vu dans les orifices qui

(1) F. Lahille, *loc. citat.*, p. 17 : « Ayant enlevé, dit l'auteur, toutes les écailles de la portion inférieure d'une carapace de *Priodon*, j'ai rencontré une

semblent en résulter des orifices pileux. Sans doute des poils peuvent-ils émerger à ces niveaux entre les plaques, mais il n'y a là rien de comparab'e aux pores pileux des plaques

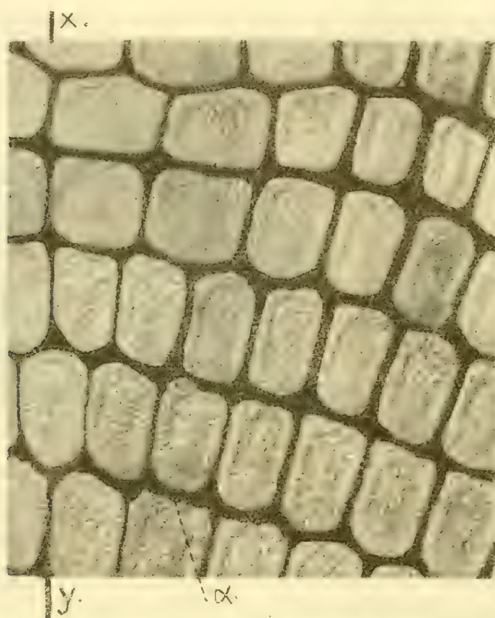


Fig. 14. — Région médiane du bouclier pelvien d'un jeune *Priodontes*. Les espaces entre les plaques sont marqués en noir. — α est un espace particulièrement élargi ; *xy*, axe longitudinal du corps (G. N.).

de la carapace d'un *Dasypus* ; ces derniers pores sont situés en plein en tissu osseux et ont une direction oblique.

Cette disposition, qui existe chez le *Priodontes* dans toute la région centrale du bouclier pelvien, s'atténue à mesure que l'on s'avance vers les régions latérales. Son siège est donc encore exactement le même que celui de la plus importante solution de continuité de la caparace du *Scleropleura*.

disposition que je n'ai vue encore nulle part indiquée et que rien ne pouvait faire prévoir, en considérant la cuirasse soit par sa face externe ou par sa face interne. Dans toute la région centrale du bouclier pelvien et jusqu'à la naissance de la queue, les trous pilifères sont énormes et forment de profondes cupules disposées verticalement sur les lignes suturales, etc... » (Voir fig. 27, Pl. II, du Mémoire de Lahille.)

III. — La peau et les plaques dermiques.

La peau du *Scleropleura* était, paraît-il, couverte de poils mais, étant tannée, elle n'en a pas conservé de trace. Elle présente, sauf dans les régions où nous avons signalé des solutions de continuité, des sortes de grosses verrues contiguës les unes aux autres. Ces verrues étaient peut-être recouvertes d'écailles épidermiques ; mais, si ces dernières existaient, ce qui n'est point certain, le tannage de la peau les a également fait complètement disparaître. Sur toutes ces verrues, sauf sur celles de l'extrémité antérieure du bouclier céphalique, sur celles de la région la plus postérieure du bouclier pelvien et sur celles de la queue, on distingue un centre arrondi, nettement limité de la partie périphérique par un sillon ; dans cette dernière partie périphérique sont aussi des sillons rayonnant, assez peu marqués, il est vrai, dans certaines régions du corps. Tout ceci représente sans doute la zone centrale, la zone marginale, le sillon centro-marginal, les sillons radiaires d'une plaque de Tatou actuel ou de *Glyptodon* (1).

Ces diverses parties que je viens d'énumérer sont assez peu distinctes dans les parties latérales du bouclier scapulaire et dans le bouclier pelvien ; elles le sont davantage, au contraire, dans la région postérieure du bouclier céphalique, mais non point assez nettes cependant pour permettre de distinguer des pores glandulaires des pores nourriciers ou des pores pileux, et il en est de même dans les autres régions de la carapace. Dans les bandes mobiles, de même que dans la région médiane du bouclier scapulaire, la zone centrale de chaque plaque fait une saillie marquée. On observera que ni les plaques, ni leur zone centrale ne présentent dans la région des bandes mobiles l'allongement antéro-postérieur qu'elles affectent d'une façon plus nette chez les autres Tatous.

J'ai prélevé un minime fragment de la peau du *Scleropleura* un niveau de la partie latérale gauche du bouclier pelvien.

(1) Voir R. Anthony, *Catalogue raisonné et descriptif des Collections d'Ostéologie du Service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle*, fasc. XI, *Edentata* ; sous-fascicule I, *Dasypodidæ*, Paris, Masson, 1920, p. 12 et 13.

Ce fragment intéresse deux plaques, et le seul examen macroscopique permet de reconnaître la présence de plaques osseuses répondant à l'aspect extérieur de la peau. Il est plus que probable que des plaques osseuses semblables à celles que j'ai examinées existent dans toutes les régions où l'aspect verruqueux se constate. Les plaques osseuses sont noyées en plein derme, et la présence d'une couche cutanée d'une certaine épaisseur à leur surface externe permet de supposer que, si l'épithélium présentait à ce niveau un certain épaississement, il pouvait ne pas exister pourtant d'écailles aussi nettement individualisées que chez les Tatous à carapace complète : chez ces derniers, le derme a subi la transformation osseuse jusqu'à l'épithélium, et ce dernier est représenté par une écaille différenciée. Les plaques du *Scleropleura* sont, comme celles des Tatous à carapace complète, parcourues de canaux de Havers.

IV. — Les oreilles externes.

Les oreilles externes du *Scleropleura* sont très déformées par la dessiccation, et dans un état qui, par conséquent, se prête mal à l'étude. On peut cependant leur reconnaître les caractères suivants :

Elles ne sont pas aiguës comme celles des *Tatu* par exemple, mais arrondies à leur extrémité, se rapprochant à cet égard de celles des *Tolypeutes*, qui sont, il est vrai, plus larges à leur base, se rapprochant surtout de celles du *Dasypus sexcinctus* L. Il convient de noter que leur extrémité (tubercule de Darwin) porte même comme une légère encoche. Les bords de l'hélix, principalement en dehors, présentent de fines denticulations dues au relief des petites écailles, dont le pavillon de l'oreille est garni surtout sur sa face extérieure ; ces denticulations, que l'on observe, d'ailleurs, plus ou moins accusées chez tous les Dasypodidés, sont ici peut-être exagérées par la dessiccation. La marge interne du pavillon est convexe, alors que sa marge externe, qui est plus mince, est légèrement concave. Il y a comme une indication de lobule que l'on observe aussi chez le *Dasypus sexcinctus* L., où elle est moins accusée, et

chez le *Tolypeutes*, où elle l'est plus ; le *Tatu*, dont l'oreille externe est en cornet, ne présente aucune indication de lobule (Voy. fig. 15). L'anthelix possède non loin de sa racine une

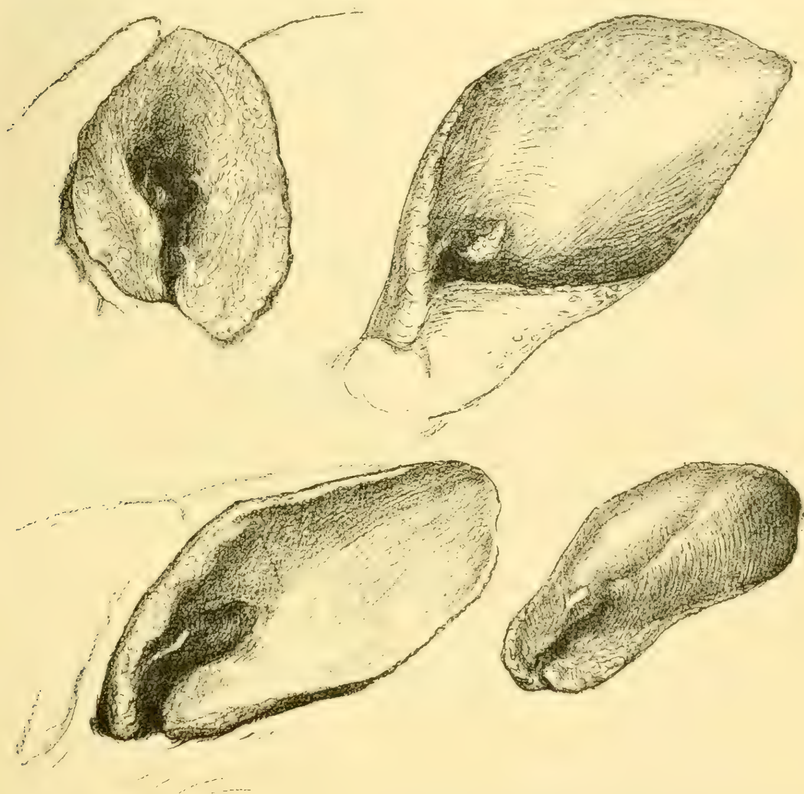


Fig. 15. — Oreilles externes : en haut, de *Tolypeutes* et de *Tatu novemcinctum* L. ; en bas, de *Dasypus Sexcinctus* L. et de *cleropleura* (× 1 1/2).

petite saillie pédiculée et à aspect papillomateux, dont on observe aussi la présence chez le *Tatu*, où elle est peut-être le plus développée (Voy. fig. 16), le *Dasypus* proprement dit, le *Chœtophractus*, le *Zaedyus*, le *Priodontes*, le *Cabassus* et le *Tolypeutes*.

J'ai constaté que, chez le *Tatu*, cette petite saillie pédiculée est garnie de poils rares et espacés (Voy. fig. 17) ; elle est en outre munie d'un axe cartilagineux en continuation avec le cartilage du pavillon auriculaire.

Chez certains Tatous, comme le *Tatu*, le pavillon de l'oreille

est très allongé; chez certains autres, comme le *Zaedyus* et le *Chœtophractus*, il est très court. Chez le *Scleropleura*, il est moyennement développé, comme chez le *Dasypus sexcinctus* L. C'est, en somme, de ce dernier animal que le *Scleropleura* se rapproche encore le plus à cet égard.

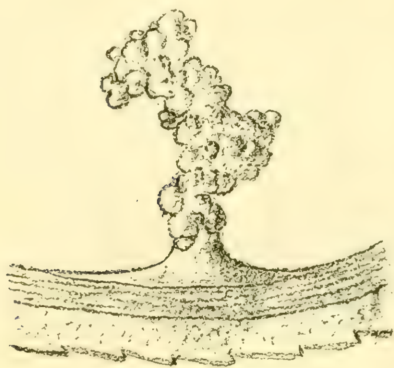


Fig. 16. — Saillie papillomateuse de l'anthelix du *Tatu novemcinctum* L. (Très grossie.)

Comme le signale Milne-Edwards, les oreilles chez le *Scleropleura* sont très écartées l'une de l'autre.

Pour se rendre compte de l'écartement des oreilles chez les divers Tatous, on peut mesurer la distance biauriculaire *ba* et la rapporter à la longueur du bouclier céphalique (L*c*) :

$$I = \frac{ba \times 100}{Lc}.$$

Voici la valeur de cet indice chez différents Tatous où je l'ai calculée :

DÉSIGNATION DES INDIVIDUS.	*ba.*	Lc.	I.
Muletia hybrida L. (1902-362-1)	2	59	3,3
Muletia hybrida L. (1902-362-2)..........	2	55	3,4
Tatu novemcinctum L. (1880-1934).........	5,5	65	8,4
— *novemcinctum* L. (1917-129)...........	8	99	8,8
Tolypeutes tricinctus L. (Mammalogie)	22	62,5	35,2
— *conurus* Is. Geoffr. (Mammalogie).	27	69	39,1
Priodontes giganteus L. (1870-198)..........	75	162	46,2
— *giganteus* L. (Mammalogie)	87	171	50,8
Scleropleura Bruneti A. M. E.	47	80	58,7
Ziphila lugubris Gray (1886-468)..........	31	52	59,6
Dasypus sexcinctus L. (1886-125)	71	106	66,9
— *sexcinctus* L. (1880-1005)	74	105	70,4
Zaedyus minutus Desm. (1883-89)...........	45	63	71,4
Cabassus unicinctus L. (Mammalogie)......	46	63	73
Chœtophractus villosus Desm. (1880-1008)...	64	84	76,1
— *villosus* Desm. (1918-45)	71	93	76,3

Le *Scleropleura* est donc un Tatou à oreilles écartées s'éloignant par ce caractère du *Tatu,* où elles sont presque au contact l'une de l'autre et se rapprochant beaucoup des Dasypodidés, plus particulièrement du *Dasypus sexcinctus* L., qui est dépassé à cet égard



Fig. 17. — Schéma de la saillie papillomateuse de l'anthelix du *Tatu novemcinctum* L., pour montrer les poils qui garnissent. (Très grossi.)

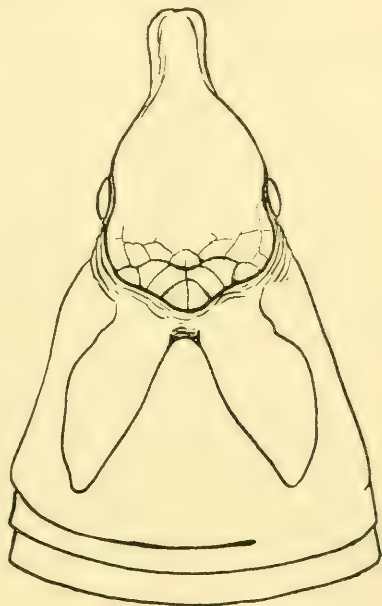


Fig. 18. — Disposition des oreilles pour montrer leur rapprochement chez le *Tatu novemcinctum* L., n° 1880-1934.

par le *Chœtophractus.* Au surplus, le degré d'écartement des oreilles est en étroit rapport avec la forme du bouclier céphalique en arrière.

Résumé et conclusions.

I. Par sa forme et le mode d'ordonnancement de ses éléments, le bouclier céphalique du *Scleropleura* se rapproche surtout de celui des *Dasypodidæ* (*Dasypus, Chœtophractus Zaedyus*), et en particulier de celui du *Dasyphus.* Cependant, il est notablement plus allongé, par rapport à sa largeur, rappelant quelque peu à cet égard le bouclier céphalique du *Priodontes.*

II. Le bouclier scapulaire du *Scleropleura* est tout à fait

semblable à un bouclier scapulaire de *Dasypus sexcinctus* L. Comme ce dernier animal, le *Scleropleura* possède aussi des épaulettes et qui sont très semblables aux siennes.

III. Par le nombre de ses bandes mobiles, c'est encore aux *Dasypodidæ* que se rattache le *Scleropleura*, mais il existe cependant chez lui une anomalie (dédoublement de la première bande mobile) que je n'ai rencontrée que chez les *Cabassidæ* (*Cabassus* et *Priodontes*).

IV. Par la forme de son bouclier pelvien, le *Scleropleura* se rattache de même aux *Dasypodidæ*.

V. Il se rattache enfin et plus particulièrement au *Dasypus* et au *Zaedyus* par les proportions relatives des divers segments de son corps.

De ceci, on peut donc conclure que, toutes réserves faites quant à l'insuffisance manifeste des éléments d'information que nous possédons, le *Scleropleura* est, au point de vue de ses affinités, un Dasypodidé, sans doute plus voisin du *Dasypus* que des autres formes de la famille, mais spécialement caractérisé par un allongement particulier, par rapport à sa largeur, du bouclier céphalique et, par conséquent, de la tête.

C'est en me basant sur les considérations précédentes que j'ai cru devoir faire, dans mon *Catalogue d'Ostéologie* (fascicule XI, sous-fasc. 1), du *Scleropleura* le type d'une sous-famille des *Dasypodidæ*, les *Scleropleurinæ*.

D'autre part, le *Scleropleura* est un Dasypodidé à carapace incomplète, les formations dermiques et épidermiques de sa carapace se montrant particulièrement déficientes dans les régions médianes. C'est en raison, sans doute; de l'absence partielle de sa carapace que l'on ne constate pas chez le *Scleropleura* la présence de la bande nuchale caractéristique des Dasypodidés.

Il est difficile de dire si le *Scleropleura* est un Tatou à carapace encore développée incomplètement ou un Tatou dont la carapace tend à disparaître ; toujours est-il que, chez de nombreux autres Tatous, on constate une moindre épaisseur de la carapace ou une tendance à la disparition de ses éléments constitutifs dans la région médiane dorsale du corps.

LÉGENDE DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. I. — La peau du *Scleropleura.*

Fig. II. — Portion latérale gauche de la peau du *Scleropleura* (intéressant le bouclier scapulaire, les bandes mobiles et le bouclier pelvien) à un plus fort agrandissement.

Fig. III. — *Dasypus sexcinctus* L, monté.

PLANCHE II

Fig. IV. — *Chœtophractus villosus* Desm., monté.

Fig. V. — *Zaedyus ciliatus* Fischer, monté.

Fig. VI. — *Norma verticalis* du bouclier céphalique et de la bande nuchale chez le *Dasypus sexcinctus* L.

TABLE DES MATIÈRES

ANOMALIE
D'UNE LARVE DE " DYTISCUS "

Par Louis BOUNOURE

UN CAS NOUVEAU D'UNE MONSTRUOSITÉ REMARQUABLE CHEZ LES COLÉOPTÈRES

Depuis que Asmuss, en 1835, essaya de rassembler et de classer les différents exemples de monstruosités connus à cette époque chez les Coléoptères, plusieurs auteurs ont apporté des contributions importantes à la tératologie de ces Insectes. Les différents cas qu'ils ont envisagés peuvent se ranger sous un petit nombre de chefs : tout d'abord, ce sont des malformations de peu d'importance, flexions ou courbures des appendices, déformations des élytres, des cornes chitineuses, etc., telles que Mocquerys en a noté dans son *Recueil de Coléoptères anormaux* (1880) et dont Tornier (1900) a cherché l'origine causale dans des actions mécaniques s'exerçant au cours du développement ; — viennent ensuite les monstruosités par formation multiple portant sur les appendices, et comprenant les nombreux cas de schistomélie et de polymélie relevés par Mocquerys (1880) et par Gadeau de Kerville (1898), monstruosités dont Tornier (1900) rattache la genèse aux phénomènes de régénération ; — enfin une troisième catégorie comprend les cas d'hétéromorphose, étudiés aussi sous le nom d'homœose par Bateson (1894), puis par Przibram (1910), et qui consistent dans le développement d'organes ou d'appendices à une place qu'ils ne devraient pas normalement occuper.

La malformation qui fait l'objet de cette note paraît ne

pas pouvoir se classer parmi les faits ci-dessus rappelés. En revanche, elle constitue un cas nouveau d'une monstruosité qui affecte la segmentation du corps, n'a été remarquée jusqu'ici que chez les Coléoptères et n'est connue à ce jour que par trois exemples seulement, observés tous les trois chez *Tenebrio molitor.* Le cas que j'apporte ici a été relevé chez une larve de *Dytiscus marginalis* et se présente avec des particularités qui, jointes à la rareté de l'anomalie, le rendaient digne d'être publié.

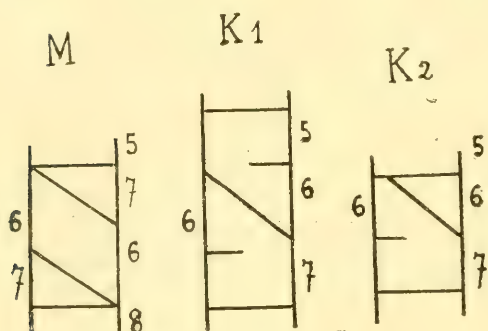


Fig. 1. — Schéma des trois variétés de la monstruosité chez *Tenebrio molitor.* — M, cas de Megusar (les chiffres indiquent l'interprétation de cet auteur). — K_1 et K_2, premier et deuxième cas de Kryzenecky.

En 1908, Megusar, au cours d'un travail sur la régénération chez les Coléoptères, trouvait une larve de *Tenebrio* (fig. 1, M), qui montrait une curieuse anomalie de certains segments de l'abdomen : « *Von den ersten fünf Abdominalsegmenten waren alle vollständig normal parallel hintereinander gestellt, das sechste und siebente Segment dagegen zeigten folgende Stellung: das sechste Segment verläuft schief über den Körper vom fünften bis zum achten Segment, das siebente Segment ist in zwei dreieckige Abschnitte geteilt, von welchen jeder den Körper seitlich umfasst und mit der Spitze das sechste Segment berührt. Es ist förmlich eine Kreuzung der Segmente unter einem schiefen Winkel vorhanden. Das achte und neunte Segment sind wieder normrecht entwickelt* (1). »

Ce cas resta isolé jusqu'en 1914, où Kryzenecky, parmi de très abondants élevages de *Tenebrio molitor,* découvrit deux cas d'anomalies segmentaires du même type, affectant également chez la larve la face dorsale des cinquième, sixième et septième segments abdominaux. Dans une pre-

(1) Franz Megusar, Die Regeneration der Coleopteren (*Archiv. für Entwick. mech.*, Bd. XXV, 1908, p. 165).

mière larve (fig. 1, K_1), le sixième segment est décomposé par un sillon oblique en deux moitiés : l'une antérieure en partie fusionnée avec le cinquième segment, dont la sépare seulement un petit sillon incomplet, l'autre postérieure fusionnée de même en partie avec le septième segment. Dans la deuxième larve (fig. 1, K_2), le sixième segment est aussi divisé en deux moitiés ; mais la moitié antérieure, petite, triangulaire, demeure isolée du côté droit, tandis que la moitié postérieure, comme dans la larve précédente, s'unit en partie avec le segment voisin, c'est-à-dire le septième, un petit sillon incomplet persistant du côté gauche entre ces segments fusionnés. KRYZENECKY, à la suite de MEGUSAR, interprète cette structure anormale comme un entre-croisement des segments (*eine Kreuzung der Segmente*) ; il la considère comme très rare, y voit une monstruosité typique des Arthopodes, puisqu'elle affecte la segmentation, caractère essentiel de ces animaux, et il propose de la désigner sous le nom de *consertio segmenti*. D'après les observations des deux auteurs précités, la monstruosité se perpétue à travers la métamorphose et se retrouve chez l'Insecte adulte. La larve de *Dytiscus marginalis* qui m'a offert le même genre d'anomalie se trouve représentée par la photographie de la figure 2 (1) ; elle fut recueillie en 1912 au cours des élevages que je faisais alors de ces Insectes aquatiques et dont j'ai rendu compte dans un mémoire précédent (1919). C'est la première fois qu'est signalée (2) chez le Dytisque cette monstruosité très rare, précédemment étudiée chez le Ver de farine.



Fig. 2. — Photographie de la larve monstrueuse de *Dytiscus* (gr. nat.).

(1) Cette photographie a été faite par les soins obligeants de M. le Dr BURR, conservateur du Musée zoologique de Strasbourg, à qui j'adresse ici mes bien vifs remerciements.

(2) Si j'ai attendu jusqu'à ce jour pour faire connaître ce nouveau cas de l'anomalie en question, ce n'est pas seulement à cause de la guerre, c'est surtout parce que j'ai longtemps cherché, mais en vain, à retrouver cette monstruosité chez d'autres larves de Dytisques ou d'autres insectes.

L'anomalie affecte ici non pas la partie reculée de l'abdomen, mais les deux derniers segments thoraciques et le premier segment abdominal (fig. 3). Ces trois segments sont soudés deux à deux sur la face dorsale, de façon à former deux complexes segmentaires : un premier complexe cons-

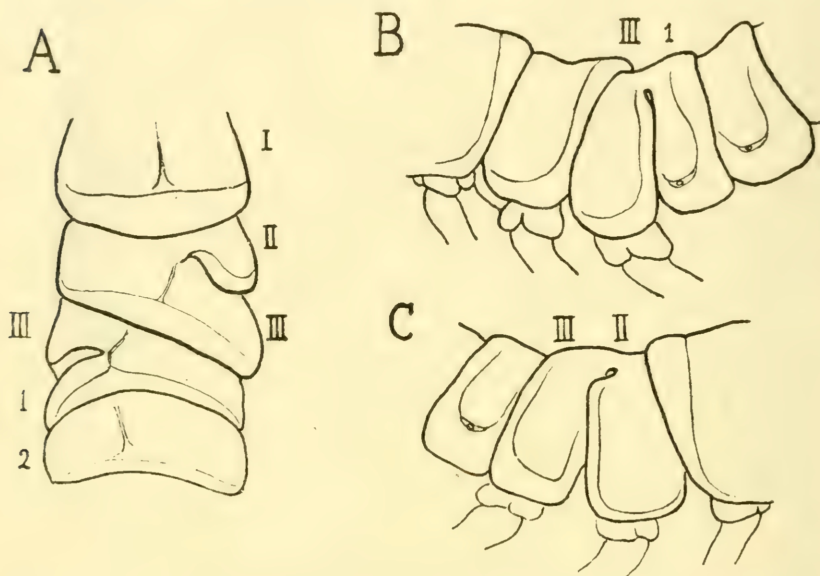


Fig. 3. — Larve de *Dytiscus marginalis*, région des segments anormaux : A, face dorsale ; B, côté gauche ; C, côté droit. — I, II, III, les trois segments thoraciques. — 1, 2, premiers segments abdominaux (gross. : 3-1.)

titué par les deuxième et troisième segments thoraciques (II et III), complètement fusionnés à gauche, mais nettement séparés à droite par un demi-sillon qui s'étend exactement jusqu'à la ligne médiane dorsale ; et un deuxième complexe, formé par le troisième segment thoracique (III) et le premier segment abdominal (1), qui, inversement, sont fusionnés à droite et distinctement séparés à gauche par un demi-sillon.

C'est, en somme, une *consertio segmenti*, sous la forme observée par Kryzenecky dans la région postérieure de l'abdomen de son premier *Tenebrio* (fig. 1, K_1). Mais ici, chez le Dytisque, la fusion des segments se produit à l'union du thorax et de l'abdomen et unit deux anneaux empruntés à l'une et à l'autre région. Il semble qu'on pourrait y voir, si elle n'était superflue, une preuve supplémentaire de l'iden-

tité de nature anatomique et de l'homodynamie des segments du thorax et de l'abdomen chez les Arthropodes.

A l'inverse de cette particularité, spécialement limitée au cas nouveau que je fais connaître, il est une remarque qui s'applique aux quatre exemples jusqu'ici connus : c'est que l'anomalie est telle qu'elle respecte toujours le nombre *normal* des segments. Que chez l'une quelconque des larves monstrueuses on compte les segments à droite ou à gauche de la ligne médiane en faisant abstraction de l'autre moitié du corps, *toujours* les anneaux paraissent être en nombre normal et régulièrement disposés. Ce caractère, à cause de sa constance même, me paraît important, et il doit en être tenu compte dans l'interprétation de la monstruosité qui le manifeste.

Les auteurs précédents paraissent avoir vu surtout, dans cette anomalie, un entre-croisement segmentaire: ainsi, pour Megusar, dans le *Tenebrio* observé par lui, le sixième segment s'est disposé obliquement de manière à croiser le septième et à le diviser en deux demi-segments. Mais, devant les cas nouveaux apportés par Kryzenecky, il est beaucoup moins facile de croire à un entre-croisement des anneaux ; et j'ajouterai que, dans la larve de Dytisque que j'ai observée et qui reproduit la disposition des segments du premier *Tenebrio* de Kryzenecky, rien ne permet réellement de penser que l'un des segments a chevauché obliquement le suivant en le coupant en deux. A mon avis, la monstruosité consiste plutôt en une fusion des segments deux à deux, fusion complète ou incomplète, caractérisée par cette particularité qu'elle s'accompagne toujours d'une subdivision de l'un des segments ou des deux segments intéressés ; il y a trois variantes connues :

1° *Tenebrio* de Megusar : fusion complète de deux segments (sixième et septième abdominaux) en un segment oblique : ce fusionnement est compensé par l'existence de deux demi-segments triangulaires. l'un formé aux dépens du sixième segment et adjacent au cinquième, l'autre détaché du septième segment et adjacent au huitième.

2° Deuxième *Tenebrio* de Kryzenecky : fusion incomplète de deux segments (sixième et septième abdominaux) ; la fusion est compensée du côté où elle se produit (côté droit)

par l'existence d'un demi-segment formé aux dépens du sixième.

3° Premier *Tenebrio* de KRYZENECKY et *Dytiscus* de l'auteur : fusion incomplète et alternante, deux à deux, de trois segments consécutifs (cinquième, sixième et septième abdominaux chez le *Tenebrio*, deuxième et troisième thoraciques et premier abdominal chez le *Dytiscus*), le segment intermédiaire se subdivisant obliquement pour fournir les deux demi-segments qui s'unissent respectivement au segment précédent et au segment suivant.

En somme, il s'agit bien d'une anomalie de la segmentation consistant à la fois dans une soudure des anneaux et dans une subdivision oblique de certains d'entre eux, qui vient compenser la fusion segmentaire : de telle sorte que la monstruosité reste dans le domaine de la forme sans affecter celui du nombre. Tout se passe comme si la constance de composition segmentaire du corps de l'Insecte résistait avec succès à l'effet d'influences tératologiques qui déforment certains segments sans pouvoir en modifier le nombre.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1835. ASMUSS, HERRMANN MARTIN, *Monstrositates Coleopterorum, commentationem pathologico-entomologicam*, Rigae et Dorpati, 1835.
1894. BATESON (WILLIAM), *Materials for the study of variation*, London, 1894.
1919. BOUNOURE (LOUIS), Aliments, chitine et tube digestif chez les Coléoptères (*Coll. Morph. dynam.*, vol. V, 1919).
1898. GADEAU DE KERVILLE (HENRI), Sur la furcation tératologique des pattes, des antennes et des palpes chez les Insectes (*Bull. Soc. entom. Fr.*, 1898).
1914. KRYZENECKY (JAR), Ueber eine typische Körpermissbildung der Arthropoden (*Anat. Anz.*, XLV, 1914, 64-73).
1908. MEGUSAR (FRANZ), Die Regeneration der Coleopteren (*Arch. f. Entwick. mech.*, XXV, 1908, 148-234).
1880. MOCQUERYS (M. S.), *Recueil de Coléoptères anormaux*, Rouen, 1880.
1910. PRZIBRAM (HANS), Die Homöosis bei Arthropoden (*Arch. f. Entwick.-mech.*, XXIX, 1910, 587-615).
1900. TORNIER (G.), Das Entstehen von Käfermissbildungen, besonders Hyperantennie und Hypermelie (*Arch. f. Entwick.-mech.*, IX, 1900, 501-563).

SUR LA NATURE
DE LA GLU DES EUTERMES

Par Jean BATHELLIER

Les soldats des Eutermes projettent sur leurs adversaires, par le moyen d'un rostre frontal, une liqueur gluante très visqueuse. Ceux-ci ne peuvent ensuite s'en débarrasser et meurent rapidement. J'ai fait connaître le rôle défensif de ce liquide dans une espèce très répandue en Cochinchine, l'*Eutermes matangensis* Havil., dont je dois la détermination à l'aimable obligeance du savant M. Bugnion. Le présent travail est consacré aux essais que j'ai faits en vue de connaître la nature de cette matière visqueuse.

La matière est contenue dans un sac glandulaire en forme de demi-tore, dilaté à ses deux extrémités, qui occupe la partie latérale et postérieure de la tête. Il est en relation avec l'extérieur par un canal médian chitineux mince graduellement rétréci, qui aboutit à l'extrémité du rostre.

L'insertion de ce canal sur le réservoir à glu peut se représenter approximativement par l'intersection d'une surface conique avec un tore, l'insertion s'étendant seulement de l'équateur au sommet du tore. La projection de la matière gluante est due à la contraction de fibres musculaires qui occupent les parties latérales de la tête. Ces fibres sont obliques, insérées, d'une part, à l'équateur du demi-tore glandulaire et, d'autre part, au milieu de la voûte de la tête pour les fibres supérieures, au milieu du plancher pour les fibres inférieures. Elles dessinent ainsi une figure losangique; par contraction, le losange tend à s'écraser; ses angles supérieurs demeurant fixes, les angles latéraux tendent à se rapprocher. Le sac glandulaire étant placé entre ces derniers se trouve comprimé,

et le liquide qu'il contient est chassé en dehors. Le mécanisme a d'ailleurs déjà été décrit par BUGNION à propos du Termite noir de Ceylan.

Étant données les faibles dimensions de l'animal que j'ai étudié, il est clair que je ne pouvais me procurer de grosses quantités de liquide gluant. La longueur totale de la tête est voisine de $1^{mm},80$; je ne crois pas qu'elle contienne 1 millimètre cube de glu.

J'ai eu recours aux procédés de la microchimie : par compression je forçais les soldats à déposer une partie de leur liquide visqueux sur des lames de verre bien propres. Ces lames de verre étaient du modèle habituellement employé pour faire des préparations microscopiques.

Je faisais ensuite subir différents traitements à la glu ainsi obtenue, et je contrôlais les transformations qu'elle subissait au moyen d'une loupe binoculaire donnant un grossissement d'environ 20 diamètres.

Aspect physique. — La glu du Termite considéré se présente comme un liquide incolore, transparent, parfaitement limpide même au microscope. Il est très visqueux, très réfringent. Il dégage une assez forte odeur aromatique, très semblable à celle de l'essence de cèdre. Abandonné à l'air, ce liquide devient de plus en plus visqueux. Au bout de peu jours, on peut déjà le toucher avec une aiguille sans qu'il s'y attache sensiblement. En moins d'une semaine il a acquis une consistance vitreuse et se détache en éclats sous le choc de la pointe d'acier. En même temps, l'odeur devient plus franchement résineuse.

Solubilité. — La glu des Termites est insoluble dans l'eau. Si l'on écrase dans ce liquide une tête de soldat, la glu qu'elle contient vient en partie s'étaler à la surface de l'eau. Elle est donc d'une densité moindre que l'unité. Elle forme une sorte de pellicule qu'on peut, après quelque temps, retirer à la pointe d'une aiguille. Elle y adhère, se plisse tandis qu'on la retire et enfin forme un petit amas visqueux à l'extrémité de l'aiguille.

Si on met de l'eau sur une lame de verre ayant déjà reçu des gouttelettes de glu et que l'on chauffe le tout, la glu aban-

donne totalement la lame de verre et vient s'étaler en disques à la surface de l'eau.

La glu des Eutermes en question est parfaitement soluble dans l'alcool à 95°, le xylol, l'éther, le chloroforme, l'essence de térébenthine. On la retrouve ensuite par évaporation de ces différents solvants.

Action de la chaleur. — Si fort qu'on la chauffe, la glu d'Eutermes ne coagule pas. Elle reste absolument limpide tant qu'elle n'est pas détruite. Voici ce qu'on observe en faisant agir graduellement la chaleur. Tout d'abord, la glu devient de plus en plus liquide. Vers 70°, elle coule comme de l'eau. Alors les gouttelettes, les taches irrégulières déposées sur le verre se rassemblent en gouttes. A une température voisine de 100°, la glu laisse échapper des vapeurs aromatiques qui se condensent rapidement. Le résidu hyalin devient, à ce moment, bien plus visqueux. Refroidi à la température ordinaire, il se brise en éclats sous le choc de l'aiguille. Chauffé de nouveau, il fond. La chaleur augmentant, il y a encore émission de vapeurs, et enfin on observe un très faible résidu carbonisé. J'ai étudié de plus près l'action de la chaleur au-dessous de 100° par le procédé suivant :

Ayant étiré un tube capillaire fin, j'en perçai successivement la tête de deux soldats de termites et aspirai une partie du contenu visqueux. Ensuite je fermai le tube à la lampe, par l'extrémité fine.

Ce tube fut placé dans un vase contenant de l'eau chauffée peu à peu ; un thermomètre m'indiquait la température à chaque instant. Chaque fois que le thermomètre montait d'un degré environ, j'observais le tube capillaire à la loupe binoculaire.

Par suite du mode d'aspiration, la glu contenue dans le tube était divisée en plusieurs index séparés par des bulles d'air. La longueur totale occupée par ces bulles et le liquide était à peu près de 8 millimètres, celle du liquide supposé continu de 6 millimètres.

Vers 83°, il y a, sans doute, un premier départ de vapeurs : la glu est fluidifiée et les bulles d'air séparant les index ont disparu. Dès lors le liquide forme une seule colonne.

A 95° il apparaît des bulles de vapeur qui divisent de nouveau cette colonne en trois fragments ; à 100°, elles ont disparu et l'index est redevenu unique.

Ceci semble indiquer que, lorsqu'on chauffe, il y a émission par la glu de plusieurs produits volatils dont le plus volatil paraît être abandonné vers 85°.

Tout ce qui précède indique que le liquide visqueux des Eutermes est une matière aromatique, une résine; cela ressort encore plus nettement de ce qui va suivre.

Combustibilité. — La glu des soldats d'Eutermes observés est combustible. Prenons un de ces animaux avec une pince fine et présentons sa tête à la base d'une flamme d'alcool, là où elle est presque incolore : la tête du termite émet de petites flammes, courtes, éclairantes, un peu fuligineuses, très semblables à celles que donnerait un mince éclat de sapin dans les mêmes conditions. L'émission de flammes éclairantes est instantanée si on a fait sourdre une goutte de glu à l'extrémité du rostre du soldat.

Une tête d'ouvrier de la même espèce traitée de la même façon se carbonise mais n'émet pas de flammes.

Action des alcalis. — Cette action a été expérimentée avec de la soude, de la potasse, de l'ammoniaque.

Au contact de l'alcali, la tension superficielle de la glu diminue. Elle se laisse étirer en longs filaments. Il devient facile, par agitation, d'y faire pénétrer du liquide aqueux : on a une émulsion blanchâtre. On peut rouler cette émulsion en boule, la séparer de l'aiguille et la disposer sur le verre. Par le repos elle se défait.

L'action prolongée de l'alcali est un peu différente. Abandonnons trois jours des gouttelettes de glu dans une solution concentrée de soude. Elles restent sphériques mais deviennent dures. Elles sont à présent nettement mouillées par l'eau. Si, dans ce liquide, nous les triturons à l'aiguille, elles se dépriment, s'aplatissent et n'adhèrent pas au support. Si on presse plus fort, elles se rompent en morceaux.

Si nous mettons dans l'eau qui contient ces fragments une goutte d'acide sulfurique concentré, la glu retrouve immédiatement sa viscosité première. Elle se sépare de l'eau, redevient

fluide, adhère à l'aiguille et au verre. Il y a, sans doute, par le traitement alcalin, une sorte de saponification que défait l'acide sulfurique.

Action de la teinture de rouge Soudan III. — Le liquide de la tête du Termite fixe électivement ce colorant. L'expérience, réalisée dans les conditions suivantes, est très nette.

Exprimons sur une lame de verre des gouttelettes de glu d'Eutermes. Ajoutons-y quelques gouttes de solution saturée, de Soudan III dans l'alcool à 70°. Le colorant se fixe électivement sur les gouttelettes de glu, celles-ci devenant immédiatement bien plus colorées que l'alcool qui les recouvre. Elles s'y dissolvent d'ailleurs peu à peu. Mais bientôt, la teneur alcoolique du liquide baissant trop, la résine précipite sous forme de très petites gouttelettes fortement colorées en rouge.

La conclusion de tout ceci me paraît devoir être ainsi formulée :

La glu du soldat d'Eutermes étudié est une matière résineuse. L'action de la chaleur en extrait des parties volatiles, essences ou huiles aromatiques ; il reste un résidu fixe assez comparable à la colophane de la résine du pin.

(Saïgon, Laboratoire de pathologie végétale.)

NOTE SUR UN NID
DE " POLISTES GALLICUS "

Par Lucien BERLAND

L'été de 1921 a été caractérisé par la grande abondance des Guèpes, un peu dans toutes les régions de la France, au point que, dans certains endroits, on s'en est plaint comme d'un véritable fléau. On peut supposer que ce fait était dû à la grande chaleur et à l'absence de pluies, facteurs favorisant l'activité de ces Hyménoptères, et leur permettant de travailler pendant un plus grand nombre de jours et, par conséquent, d'élever un plus grand nombre de larves.

J'ai trouvé, au mois d'août, à Mauny, localité limitrophe des départements de l'Yonne et de l'Aube, et située sur un terrain qui a l'aspect et la constitution de la Champagne pouilleuse, dont il est un prolongement, un nid de *Polistes gallicus* qui présente des particularités dignes d'être signalées.

Ses dimensions, d'abord, étaient tout à fait inusitées. Alors qu'un nid de *P. gallicus*, même dans les régions les plus favorables, ne mesure guère que 3 centimètres de diamètre et ne compte qu'environ cinquante à soixante alvéoles, celui-ci avait la forme d'un ovale irrégulier, dont le grand axe mesurait 14 centimètres, et le petit axe 9 centimètres ; il comptait au moins trois cents alvéoles.

Ce nid était placé sur le sol, accroché à une assez petite pierre ; son plan était vertical, de sorte que les alvéoles du centre avaient un axe horizontal. La population en était naturellement beaucoup plus nombreuse que de coutume ; elle était de plus de deux cents individus. A ce moment, le nid était le centre d'une grande activité ; on y voyait un bon nombre de femelles et d'ouvrières, et aussi des mâles,

qui sortaient butiner pour leurs besoins personnels. Bien que ce fût déjà presque la fin de la saison, il s'y trouvait encore des larves ; on les voyait s'avancer à l'entrée de l'alvéole lorsqu'une ouvrière s'approchait et celle-ci donner la becquée à la larve.

Un autre nid tout à fait semblable se trouvait à quelque

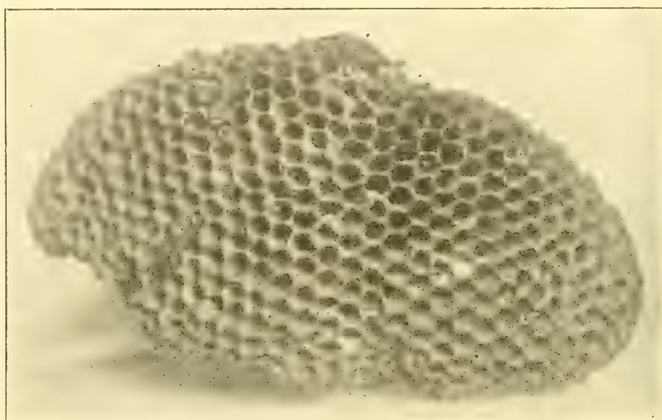


Fig. 1. — Nid de *Polistes gallicus*, vu de face, réduit de moitié environ. (Le *Polistes*, placé du côté gauche, sur le nid, donne la proportion du nid par rapport à la Guêpe.)

distance, ce qui montre bien qu'il ne s'agissait pas là d'un cas exceptionnel.

Je ramenai le premier nid à Paris, avec ses habitants, et les Guèpes vécurent plusieurs mois, alimentées d'eau et de miel, qu'elles prenaient avec avidité. Confiant en ce principe que ce sont des Hyménoptères carnassiers, je leur offris à plusieurs reprises des mouches ou des morceaux de viande, qu'elles semblent apprécier dans la nature, mais elles n'en firent aucun cas. Ce n'est évidemment qu'au moment où elles élèvent des larves, et uniquement pour l'alimentation de celles-ci, qu'elles usent de substances carnées. Leur nourriture personnelle ne se compose que du suc des fleurs et aussi, peut-être occasionnellement, de la sécrétion buccale de leurs larves, qu'elles vont solliciter à la bouche de celles-ci, ainsi que l'a établi Roubaud (*Ann. Sc. nat.*, 1916).

Petit à petit, les Guèpes moururent, et il ne restait plus

qu'une vingtaine de femelles, à l'entrée de l'hiver, qu'elles passèrent dans une complète immobilité, se réveillant seulement lorsque la température s'élevait. Vers le mois de mars 1922, dont le début a été très chaud, et qui était le moment où elles auraient songé à fonder de nouvelles colonies elles reprirent une certaine activité, mais, n'ayant pas été



Fig. 2. — Le même nid de *Polistes gallicus*, vu par la face postérieure, montrant les alvéoles construits sur cette face.

mises en liberté, celles qui restaient moururent peu après.

Ce nid, outre sa taille, présentait encore une particularité des plus remarquable. Pressées par leur propre nombre, les ouvrières avaient augmenté le nombre de leurs cellules jusqu'au moment où, sans doute, elles avaient atteint les limites de leur pouvoir de construction dans un plan. Alors elles commencèrent à édifier leurs cellules sur le côté supérieur du nid, ainsi que le montre la figure 1, si bien que l'axe en devenait vertical, au lieu d'être horizontal, comme il l'est dans la partie normale du nid. Puis, continuant ce mouvement, elles arrivèrent à placer des alvéoles sur le côté postérieur, c'est-à-dire en opposition des cellules constituant leur nid normal, si bien qu'à cet endroit il y avait des alvéoles sur deux plans (fig. 2).

Or, on sait que c'est justement l'une des principales carac-

téristiques de la construction des Guêpes, par rapport à celle des Abeilles, d'avoir des rayons ne présentant jamais d'alvéoles que d'un seul côté, tandis que les Abeilles en placent des deux côtés. Nous nous approchons ici de la construction classique des Abeilles. Il était intéressant de voir comment les *Polistes* avaient résolu ce problème tout à fait nouveau pour elles : opposer des alvéoles qui se touchent par le fond. Les Abeilles en ont trouvé la solution géométrique en donnant à leurs alvéoles un sommet pyramidal. Les *Polistes* auraient pu leur donner simplement un fond plat, mais elles ne l'ont pas fait et ont adopté un moyen qui se rapproche beaucoup de celui des Abeilles : elles n'ont pas placé les cellules bout à bout, mais les ont intercalées, en amincissant les sommets, de façon à les placer dans les intervalles les unes des autres (fig. 3).

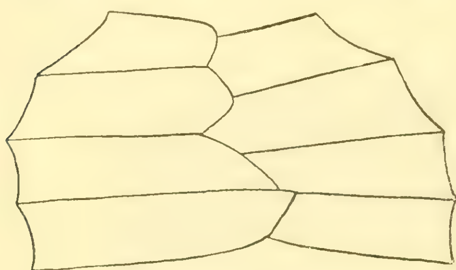


Fig. 3. — Coupe un peu schématique du nid, dans la partie supérieure, montrant la manière d'intercaler le sommet des alvéoles des deux faces.

En somme, ces Guêpes ayant été placées dans des conditions naturelles différentes de celles où elles se trouvent normalement, elles y ont adapté leur instinct et ont édifié un nid qui n'est plus celui qu'elles ont toujours construit, mais qui se rapproche du rayon des Abeilles, que l'on considère comme la construction la plus parfaite des Insectes sociaux. Cette observation me paraît montrer une certaine souplesse de l'instinct et diminuer la distance qui sépare ces deux groupes d'Hyménoptères.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME V

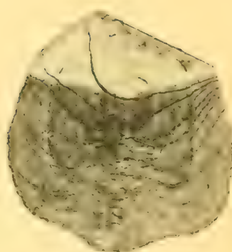
8350-23. — CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.



1



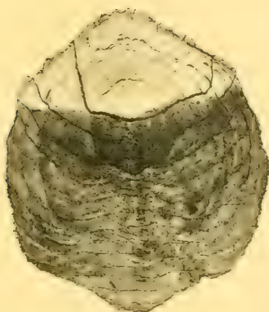
3



4



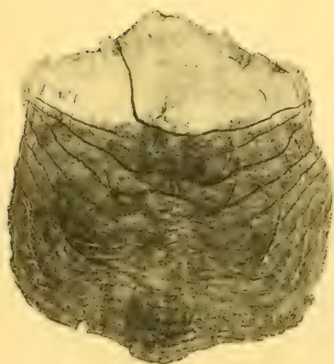
2



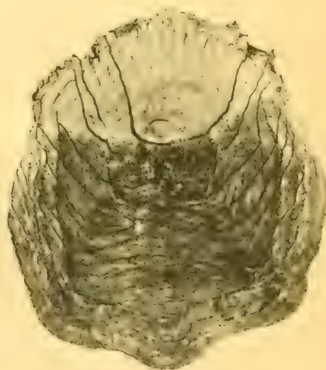
5



6



7

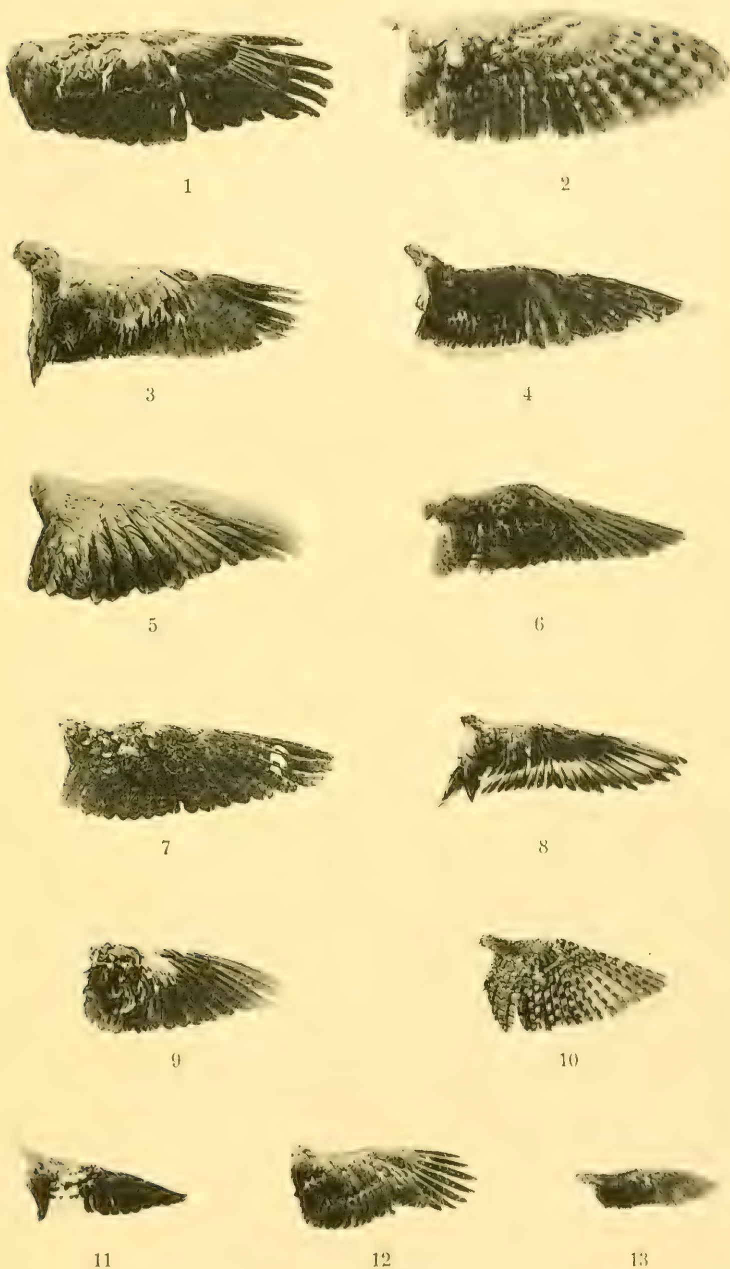


8

L. R. prép. ; Cintract phot. Imp. Catala frères. - Paris.

Écailles d'Alosa finta L.

Masson & Cie, Éditeurs

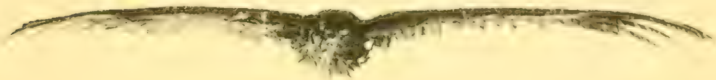


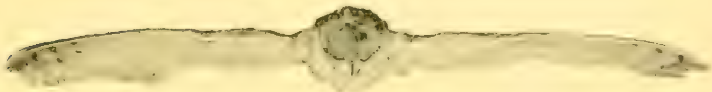
Variations et types morphologiques de la surface alaire.

Masson et Cie, Éditeurs.

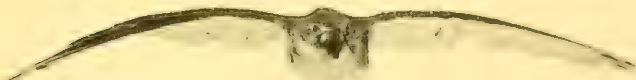
IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.

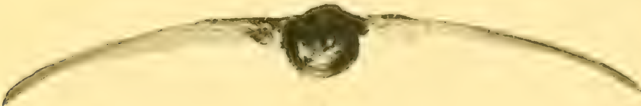

1


2


3


4


5


6


7

Envergure et morphologie des divers types d'oiseaux vus de face.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



1



2



3



4



5



6



7

Envergure et morphologie des divers types d'oiseaux vus de face.

Masson et Cie, Editeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



1



2



3



4

Formes et position du Maitre-couple.

Masson et Cie, Éditeurs.



1



2



3



4

Formes et position du Maître-couple.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS



1



2



3



4

Position du Centre de gravité suivant les groupes.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



1



2



3



4

Position du Centre de gravité suivant les groupes.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



1



2

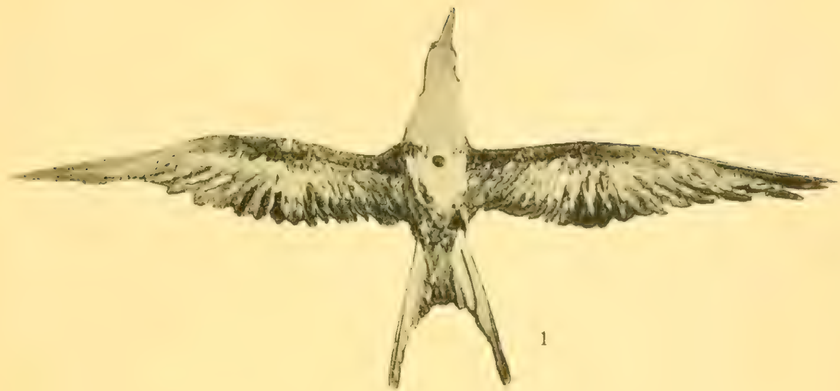


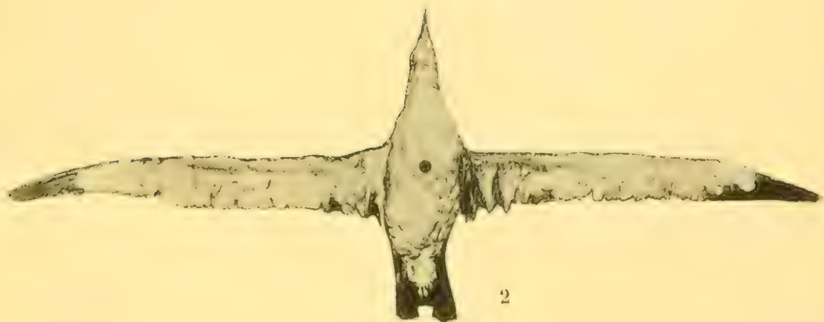
3

Position du Centre de gravité suivant les groupes.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.









Position du centre de gravité suivant les groupes.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



1



2



3



4

Position du Centre de gravité suivant les groupes

Masson et Cie, Éditeurs.



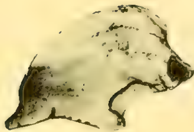
Grandeur relative des rayons osseux des bras.

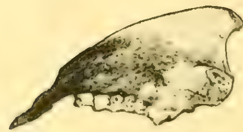
Masson et Cie, Editeurs.

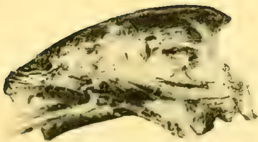
IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.

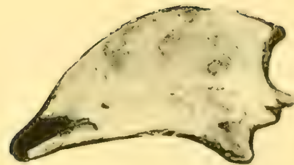

1


2

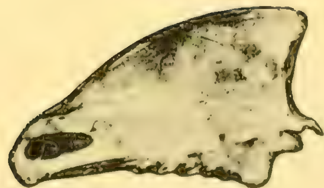

3


4


5


6

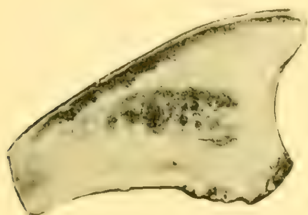

7


8

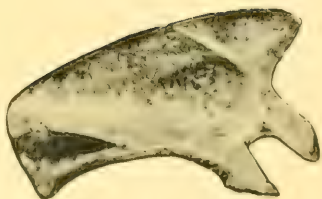
Le développement du bréchet en fonction du vol.

Masson et Cie, Éditeurs.

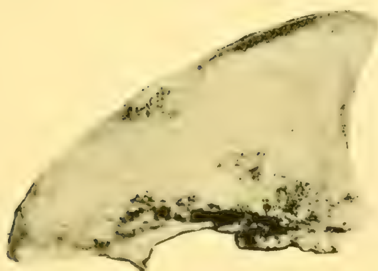
IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.



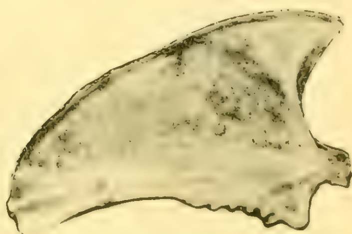
1



2



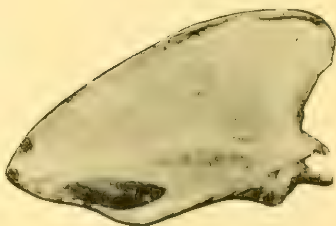
3



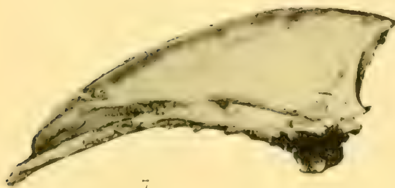
4



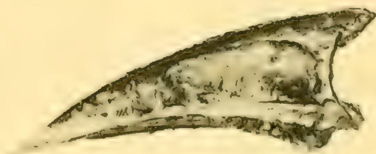
5



6



7



8

Le développement du bréchet en fonction du vol.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.


1


2


3


4


5

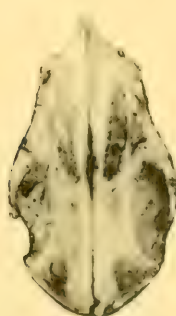

6

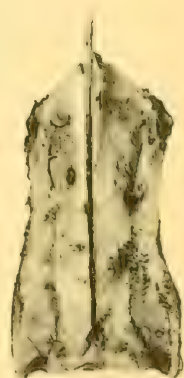

7


8


9


10

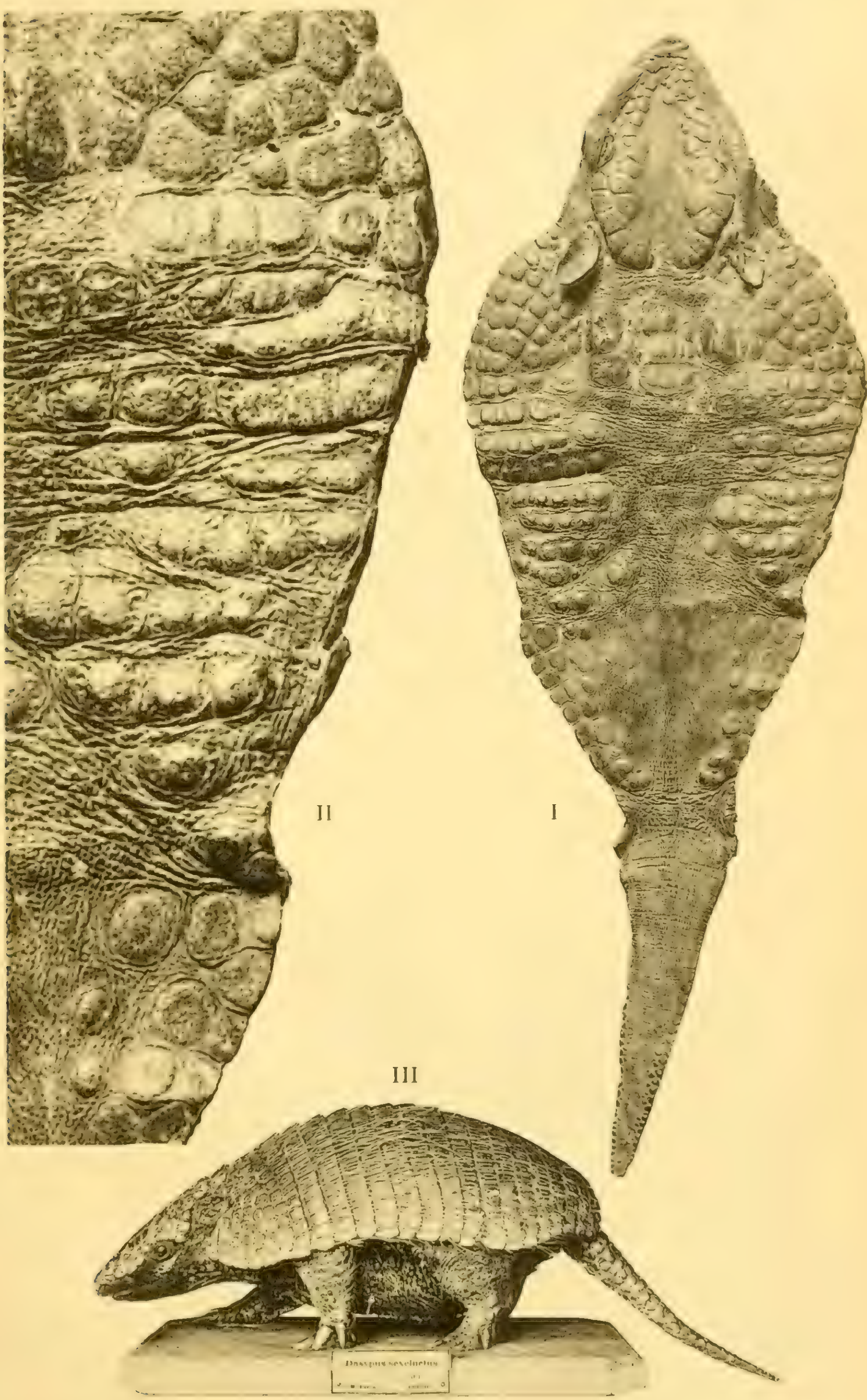

11


12

La grandeur relative du sternum vu de face.

Masson et Cie, Éditeurs.

IMP. CATALA FRÈRES, PARIS.

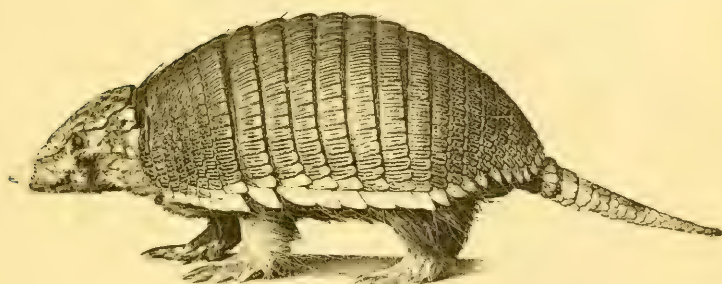


Cintract, photo. Imp. Catala frères, Paris

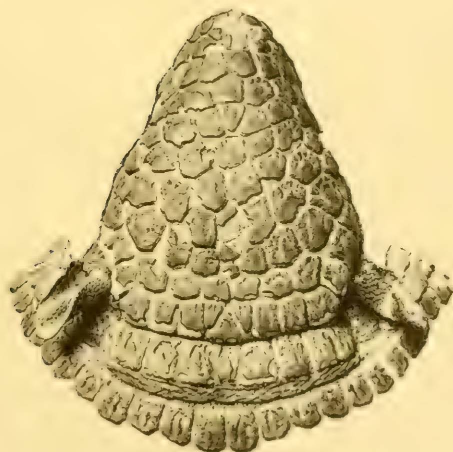
SCLEROPLEURA BRUNETI (Pl. I)



IV



V



VI

Cintract, photo. Imp. Catala frères, Paris

SCLEROPLEURA BRUNETI (Pl. II)

Masson et Cie, Éditeurs.

Xe SÉRIE. T. V. Nos 1 et 2.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

ZOOLOGIE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
ET L'HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. E.-L. BOUVIER

TOME V. — Nos 1 et 2.



PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN (VIe)

1922

Ce fascicule a été publié en mars 1922

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

---

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. J. Costantin.

L'abonnement est fait pour 1 volume gr. in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. E.-L. Bouvier.

L'abonnement est fait pour 1 volume grand in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

Abonnement à chacune des parties, Zoologie ou Botanique :

France : 40 francs. — Union postale : 40 francs.

Prix des collections :

Première Série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		*(Épuisée.)*
Deuxième Série (1834-1843).	Chaque partie, 20 vol.	(*Rare.*)
Troisième Série (1844-1853).	Chaque partie, 20 vol.	450 fr.
(*Les années 1844 et 1853 sont épuisées.*)		
Quatrième Série (1854-1863).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
(*Les années 1854 et 1863 sont épuisées.*)		
Cinquième Série (1864-1874).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Sixième Série (1875-1884).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Septième Série (1885-1894).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Huitième Série (1895-1904).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Neuvième Série (1905-1915).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Dixième Série (1916-1920).	Tomes I, II, III et IV à	40 fr.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées par MM. Hébert et A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879-1891).

22 volumes.................................. 440 fr.

Cette publication a été remplacée par les

ANNALES DE PALÉONTOLOGIE

publiées sous la direction de M. M. Boule.

Abonnement annuel :

Paris et Départements... 50 fr. — Étranger.............. 60 fr.

Le Fascicule : 15 fr.

MASSON ET CIE, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120 — PARIS — VIe ARR.

ANIMAUX VENIMEUX ET VENINS

PAR LE

DR MARIE PHISALIX

avec une préface du Pr LAVERAN

2 Volumes grand in-8, formant ensemble 1600 pages, avec 521 fig. en noir et 17 planches hors texte, dont 8 en couleurs, **120** frs. net.

Cet ouvrage comprend la *fonction venimeuse tout entière,* c'est-à-dire la fonction toxique chez les animaux, et l'*Anatomie des Appareils venimeux dans tous les groupes zoologiques.*

C'est une œuvre de portée générale, aussi bien que de documentation précise et étendue, par son développement même et les références bibliographiques qui accompagnent chacun des sujets principaux des différents chapitres.

Il coordonne les acquisitions anciennes et modernes, montre l'importance des espèces venimeuses.

Il fixe le sens biologique de la fonction venimeuse.

Il montre enfin les rapports étroits que présente la connaissance des animaux venimeux et des venins avec les principales branches des sciences naturelles et médicales : *Anatomie comparée, Chimie biologique, Physiologie, Pathologie* et *Médecine tropicales, Parasitologie, Protozoologie, Thérapeutique.*

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

5316-22. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.

Xe SÉRIE. T. V. N°s 3, 4 et 5.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

ZOOLOGIE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
ET L'HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. E.-L. BOUVIER

TOME V. — Nos 3. 4 et 5.

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN (VIe)

1922

Ce fascicule a été publié en octobre 1922.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. J. Costantin.

L'abonnement est fait pour 1 volume gr. in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. E.-L. Bouvier.

L'abonnement est fait pour 1 volume grand in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

Abonnement à chacune des parties, Zoologie ou Botanique :

France : 40 francs. — Union postale : 40 francs.

Prix des collections :

Première Série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		*(Épuisée.)*
Deuxième Série (1834-1843).	Chaque partie, 20 vol.	(*Rare.*)
Troisième Série (1844-1853).	Chaque partie, 20 vol.	450 fr.
(*Les années 1844 et 1853 sont épuisées.*)		
Quatrième Série (1854-1863).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
	(*Les années 1854 et 1863 sont épuisées.*)	
Cinquième Série (1864-1874).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Sixième Série (1875-1884).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Septième Série (1885-1894).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Huitième Série (1895-1904).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Neuvième Série (1905-1915).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Dixième Série (1916-1920).	Tomes I, II, III et IV à	40 fr.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées par MM. Hébert et A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879-1891).

22 volumes.............................. 440 fr.

Cette publication a éte remplacée par les

ANNALES DE PALÉONTOLOGIE

publiées sous la direction de M. M. Boule.

Abonnement annuel :

Paris et Départements... 50 fr. — Étranger............. 60 fr.

Le Fascicule : 15 fr.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

5316-22. — Corbeil. Imprimerie Crété.

Xᵉ SÉRIE. T. V. N° 6.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

ZOOLOGIE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE, LA CLASSIFICATION
ET L'HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. E.-L. BOUVIER



TOME V. — N° 6.

PARIS
MASSON ET Cᶦᵉ, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN (VIᵉ)

1922

Ce fascicule a été publié en décembre 1922.

Conditions de la publication des Annales des sciences naturelles

---

BOTANIQUE

Publiée sous la direction de M. J. Costantin.

L'abonnement est fait pour 1 volume gr. in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

ZOOLOGIE

Publiée sous la direction de M. E.-L. Bouvier.

L'abonnement est fait pour 1 volume grand in-8, avec planches et figures dans le texte.

Ce volume paraît en plusieurs fascicules.

Abonnement à chacune des parties, Zoologie ou Botanique :

France : 40 francs. — Union postale : 40 francs.

Prix des collections :

Première Série (Zoologie et Botanique réunies), 30 vol.		*(Épuisée.)*
Deuxième Série (1834-1843).	Chaque partie, 20 vol.	(*Rare.*)
Troisième Série (1844-1853). *(Les années 1844 et 1853 sont épuisées.)*	Chaque partie, 20 vol.	450 fr.
Quatrième Série (1854-1863). *(Les années 1854 et 1863 sont épuisées.)*	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Cinquième Série (1864-1874).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Sixième Série (1875-1884).	Chaque partie, 20 vol.	275 fr.
Septième Série (1885-1894).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Huitième Série (1895-1904).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Neuvième Série (1905-1915).	Chaque partie, 20 vol.	350 fr.
Dixième Série (1916-1920).	Zoo. Tomes I-II, III-IV à	40 fr.
—	Bot. Tomes II-I, III et IV à	40 fr.

ANNALES DES SCIENCES GÉOLOGIQUES

Dirigées par MM. Hébert et A. Milne-Edwards.

Tomes I à XXII (1879-1891).

22 volumes............................. 440 fr.

Cette publication a éte remplacée par les

ANNALES DE PALÉONTOLOGIE

publiées sous la direction de M. M. Boule.

Abonnement annuel :

Paris et Départements... 50 fr. — Étranger.............. 60 fr.

Le Fascicule: 15 fr.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE CAHIER

5316-22. — CORBEIL. Imprimerie CRÉTÉ.

